



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ PRO BARELY 300 KG

BARREL HANDLING EQUIPMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Dostál

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Hloušek

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Martin Dostál**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. David Hloušek**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Manipulační zařízení pro barely 300 kg

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh manipulačního zařízení pro plechové barely s těmito technickými parametry:

- průměr barelu 595 mm,
- výška barelu 820 mm,
- nosnost 300 kg,
- zdvih 400 mm,
- ruční pohon.

Cíle bakalářské práce:

Kritická rešerše o stávajících konceptech a jejich případné využití ve skladech či výrobě.

Návrh konceptu na základě výchozích parametrů.

Funkční a pevnostní výpočet rámu mechanismu.

Výkres celkové sestavy.

Výkres podsestavy rámu.

Výkresy výrobní dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

KLIMEŠ, Pavel. Části a mechanismy strojů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2422-2.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavní náplní práce je koncepční návrh manipulačního zařízení na plechové barely s příslušnými zadanými parametry. Návrh vychází z kritické rešerše obdobných konceptů na trhu, hlavně z jejich nedostatků vhodné pro zlepšení. Návrh je vytvořen v programu Autodesk Inventor 2018 a následně podroben kontrolním výpočtům. Celá konstrukce je převážně svařovaná, tedy většina výpočtů se zabývá kontrolou pevnosti svarů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Manipulační zařízení, zdvihací zařízení, přímočarý hydromotor, plechový barel, sud, sklad, skladování, svařenec.

ABSTRACT

The primary content of this work is a conceptual design of a manipulative device for tin barrels, with its characteristic parameters. The model design was completed in accordance with the gathered information from the critical research of comparable devices available on the market. Ultimately, the model concept is focused on improving the market devices' deficiencies. The manipulative device model was composed in Autodesk Inventor 2018 application and subsequently subdued to testing calculations. The entire model construction is chiefly welded. Therefore, the majority of the calculations is concerned with the solidity control of the welds.

KEYWORDS

Manipulative device, lifting device, linear hydraulic motor, tin barrel, cask, storage, stocking, weldment.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOSTÁL, Martin. Manipulační zařízení pro barely 300 kg. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116688>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 62 s. Vedoucí práce Ing. David Hloušek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Davida Hlouška a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Martin Dostál

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Davidu Hlouškovi za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které mi během psaní poskytoval. Dále bych chtěl poděkovat svým spolustudujícím přátelům, za ochotu a vzájemnou podporu.

A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat své přítelkyni, která mi byla velkou oporou a inspirací.

OBSAH

Úvod	9
1 Kritická rešerše obdobných konceptů.....	10
1.1 Armanni	11
1.2 Gesutra GmbH	12
1.3 Cone Zlín	13
1.4 Denios	14
1.5 Vestil.....	16
1.6 Ying-Lift	17
1.7 Morse	18
1.8 Wesco.....	19
1.9 Zhodnocení	20
2 Návrh konceptu	21
3 Výpočty a návrhy	22
3.1 Přímočarý hydromotor	22
3.2 Stabilita	23
3.3 Pojezdová kola	26
3.4 Zatížení čelistí.....	29
3.5 Vnitřní pojezd	31
3.6 Čepové spoje.....	33
3.7 Svary	37
3.8 Průhyb noh.....	51
Závěr.....	54
Seznam použitých zkratk a symbolů	57
Seznam příloh.....	62

ÚVOD

Manipulační vozíky na barely neodmyslitelně patří k dění v malých i velkých skladech a ve výrobě. S rostoucím průmyslem je požadována i vyšší efektivita skladování a rychlá manipulace a doprava materiálu ze skladů na dílčí pracoviště nebo jen ve skladu. Kromě rychlosti musí být manipulace a doprava těžkých předmětů hlavně bezpečná a také snadná, kvůli minimalizaci fyzické náročnosti. Proto by měla být kladena nemalá váha při jeho pořízení na tyto kritéria.

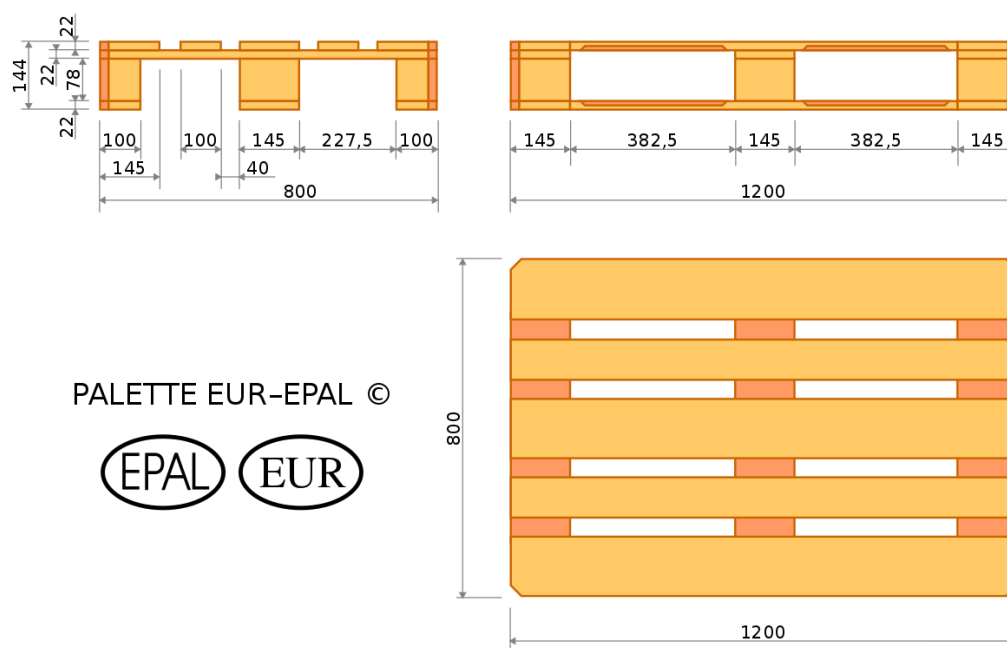
Manipulační vozík na barely je manuálně řízený dopravní prostředek a může být poháněn buď lidskou silou nebo elektropohonem. Provedení vozíku může být jak nízkozdvížné, tak i vysokozdvížné. Využívá se pro manipulaci a přepravu těžkých prázdných a plných sudů. Vozík je uzpůsoben pro rovné zpevněné povrchy jako například ve výrobních a skladových halách.

Smyslem této práce je provést kritickou analýzu trhu manipulačních vozíků na barely od různých výrobců. Zpracovat tyto informace přehledně a věcně včetně kladů a záporů jednotlivých zařízení. Dále z těchto poznatků a výchozích parametrů zkonstruovat návrh konceptu, tak aby byly splněny pevnostní výpočty a funkčnost rámu mechanismu. Závěrem vytvořit výkresovou dokumentaci.

1 KRITICKÁ REŠERŠE OBDOBNÝCH KONCEPTŮ

Tato kapitola se zabývá přehledem obdobných zařízení od výrobců manipulační techniky. Záměrem kapitoly je, aby se zde objevilo co nejvíce výrobců a rovněž, aby každý koncept měl jiné konstrukční řešení. Výběr se více zaměřuje na výrobce, kteří kromě vysokozdvižných vozíků vyrábí rovněž i nízkozdvižné vozíky, což je případ, kterým se zabýváme. Výběr se též zaměřuje na ruční pohon a uchycení sudu pomocí čelisti. Následně se bude tento výběr jednotně porovnávat.

Ze zadaných vstupních parametrů – manipulace s 200 l sudem o rozměrech $\varnothing 595 \times 820$ mm, viz obr. 2 a min. zdvih 400 mm se výběr zužuje. U zdvihu může být potřeba položení sudu na zachytné vany nebo europaletu (obr. 1), třeba i s podložkou, popřípadě dvě europalety na sobě.



Obr. 1 Europaleta [1]



Obr. 2 Plechový sud 200 l [2]

1.1 ARMANNI

Italská společnost Armanni vyrábí širokou škálu nákladních a paletových vozíků. Množství produktů všestranně pokrývá jak kapacity, tak výšky zdvihu. Nabídka zahrnuje manuální až plně elektronické zvedací vozíky, stoly nebo speciální zakázkové výrobky pro manipulaci s navijáky, prázdnými bubny, naklápěcími koši nebo manipulaci s těžkým a objemným nákladem. [3]

Z nabídky Armanni jako první příklad obdobného konceptu byl vybrán model s prstencovým uchopovacím systémem, který poskytuje řízené vyprazdňování. Tento systém umožňuje uchycení pouze pro 200 litrový sud a uchycení sudu je časově náročnější. Zdvih je realizován řetězem přes hlavu hydraulického pístu (ozubené kolo) pomocí nožní pumpy a spouštění pomocí otočného výpustného ventilu. Konstrukce je provedena s nízkým podvozkem, který umožňuje zajet pod palety a do úzkých prostorů. Zvýšení bezpečnosti je zde realizováno bezpečnostní mřížkou mezi svislými sloupy ze strany obsluhy a bezpečnostních krytů na kolečkách. Vozík je vybaven 4 kolečky s polyuretanovým povrchem (2 pevná kolečka a 2 otočná řídicí kolečka – jedno vybaveno brzdou). Polyuretanová kolečka poskytují snížení hluku a odolnost proti oděru.

Tab. 1 Technické parametry ALFA MGD evo [4]

Model		ALFA MGD evo
V x Š x D	mm	2000 x 800 x 1550
Hmotnost	kg	220
Nosnost	kg	300
Zdvih (po zdvižná ramena)	mm	1880
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 3 Model ALFA MGD evo od firmy Armanni [4]

1.2 GESUTRA GMBH

Obchodní a výrobní německá firma Gesutra GmbH, působí na trhu více než 30 let. Jedná se o globálně působící firmu, která je producentem vlastních silných značek jako jsou HanseLifter a Gesutra. Zaměříme se na značku HanseLifter, která poskytuje komplexní výbavu pro provoz a vybavení skladu. V oblasti zdvihací a manipulační techniky vyniká HanseLifter svou rozsáhlou paletou variant různých paletových vozíků. [5]

Z jejich nabídky byl vybrán sudový manipulátor se zdvižným mechanismem čelisti, který umožňuje samosvorné uchycení sudu. Zdvih je realizován řetězem přes hlavu hydraulického pístu (ozubené kolo) pomocí nožní pumpy. Spouštění pomocí prodlouženého otočného výpustného ventilu. Díky jeho poloze není zapotřebí se shýbat. Varianta konstrukce je zde uskutečněna s jedním zdvižným sloupcem a s nízkým a širokým rozestupem podvozku, který nabízí, kromě vjezdu do malých prostorů, hlavně obkročné objetí palety. Přední dvě kolečka jsou pevná a zadní dvě řídící otočná – jedno z nich je s brzdou. Bezpečnostní kryt ozubeného kola na horní části pístu a na kolečkách je sledován jako ideální řešení bezpečnosti. Polyuretanová kolečka svými vlastnosti umožňují snížení hluku a odolnost proti oděru.

Tab. 2 Technické parametry FHR300 [6]

Model		FHR300
V x Š x D	mm	1700 x 980 x 1160
Hmotnost	kg	75
Nosnost	kg	300
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	800
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 4 Model FHR300 značky HanseLifter [6]

1.3 CONE ZLÍN

Česká firma působící na trhu přes 25 let, a díky tomu si vypracovala pozici kvalitního výrobce a dodavatele manipulační techniky. Kromě distribuce této techniky se podílí na jejím vývoji a inovacích v této oblasti. Co se týče manipulačních prostředků tak se spíše zaměřuje na paletové a plošinové vozík a rudly. [7]

Příjemnou změnou může být nabídka Cone Zlín pro manipulaci se sudy. Nejedná se o vozíky nýbrž o rudly. Nejvíce může zaujmout rudl na sudy série 12092.01. Rozměry je ideální pro malé prostory a svým malým zdvihem nedovoluje umístění sudu na europaletu. Zdvih je v tomto případě uskutečněn přes hydraulický píst pomocí nožní pumpy bez použití řetězu, tedy hlava pístu zvedá přímo čelisti. Spouštění opět pomocí výpustného ventilu, který je nadosah ruky. Konstrukce je od předešlých a následujících případů rozdílná v tom, že není tak robustní a je vyrobena z trubek nikoli z jeklu. Rudl se pohybuje po třech kolech, z toho přední dvě mají plastové disky a polyuretanový potah a jedno zadní je z pryže. U bezpečnostních prvků, v tomto případě jako kryty nebo brzdy na kolečkách, je postrádána přítomnost.

Tab. 3 Technické parametry rudl na sudy 12092.01 [8]

Série		12092.01
V x Š x D	mm	1000 x 900 x 1100
Hmotnost	kg	40
Nosnost	kg	300
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	100
Kola	-	pryž, polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 5 Rudl na sudy 12092.01 firmy Cone Zlín [8]

1.4 DENIOS

Německá společnost Denios je přední světový výrobce a prodejce v oblasti ochrany životního prostředí. Specializuje se na výrobu zařízení pro skladování a manipulaci s nebezpečnými látkami a vybavení provozoven. Výrobní činnost Deniosu je zaměřena především do pěti hlavních oblastí: skladování nebezpečných látek, vybavení výrobních provozů a prostředky pro bezpečnost práce, tepelná technika, odvětrávací technologie, technologické a skladovací systémy. [9]

1.4.1 TYP XH

Nabídka firmy Denios byla natolik pestrá, že bylo zapotřebí vybrat dva jejich produkty. Tento odstavec, jak už nadpis napovídá, bude věnován prvnímu z nich. Jedná se opět o sudový manipulátor se zdvižným mechanismem čelisti, který poskytuje samosvorné uchopení sudu. Zdvih je realizován řetězem přes hlavu hydraulického pístu pomocí nožní pumpy. Spouštění pomocí otočného výpustného ventilu v dosahu ruky. Konstrukce vozíku, respektive podvozku, nabízí dvě nastavitelné polohy. Při první variantě se mohou nohy nastavit do rovnoběžné polohy, ideální pro úzké prostory, a při druhé variantě do tvaru písmene V, vhodná pro umísťování sudů na palety a zachytné vany. Vozík je vybaven 4 kolečky s polyuretanovým povrchem a všechny jsou otočné – jedno ze zadních je opatřeno brzdou. Ozubené kolo na horní části pístu je opatřeno ochranným krytem proti úrazu. Bohužel na kolečkách kryty nejsou. Polyuretanová kolečka svými vlastnostmi umožňují snížení hluku a odolnost proti oděru.

Tab. 4 Technické parametry typ XH [10]

Typ		XH
V x Š x D	mm	1885 x 1500/900 x 1000/1105
Hmotnost	kg	110
Nosnost	kg	350
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	1055
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 6 Typ XH od firmy Denios [10]

1.4.2 SECU EX TYP M

Druhý produkt je velmi podobný, ale je zajímavý svým provedením. Už na první pohled působí nadčasově a je poněkud příjemnější na pohled než předchozí a následující příklady. Denios nabízí tenhle model ve třech různých variantách a se 3 různými variantami podvozků. Následující model nabízí nastavitelný podvozek jako u předešlého modelu – ideální pro najíždění na záchytné vany nebo europalety. Nájezdový úhel lze nastavit buď do rovnoběžné polohy nebo do tvaru písmene V. Jako v předešlém případě tato nastavitelnost přináší velkou flexibilitu. Uchopení sudu u tohoto modelu je provedeno systémem čelisti. Zdvih je realizován řetězem přes hydraulický píst pomocí nožní pumpy a spouštění díky samostatnému nožnímu pedálu. Celé provedení manipulátoru je nenáročné na údržbu. Zdvižný mechanismus je celý krytý ochranným plechem. Vozík se pohybuje po 4 otočných polyuretanových kolečkách s ochranným krytem (obě zadní kola vybavena brzdou).

Secu Ex typ M se odlišuje od ostatních modelů nejen cenou, která je na první pohled opravdu odrazující, ale hlavně svou bezpečností na vysoké úrovni. Je vhodný pro skladování a manipulaci se sudy v Ex zónách, tedy v oblastech s nebezpečím výbuchu.

Tab. 5 Technické parametry Secu Ex typ M [11]

Model		Secu Ex typ M
V x Š x D	mm	1755 x 1132/950 x 1000/1290
Hmotnost	kg	156
Nosnost	kg	300
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	905
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 7 Secu Ex typ M od firmy Denios [11]

1.5 VESTIL

Americká společnost Vestil je lídrem v oblasti výroby a distribuce zařízení pro manipulaci s průmyslovými materiály. V nabídce firmy je široká škála manipulační, bezpečnostní a ergonomické techniky, která pomáhá vyhovět požadavkům zákazníka. [12]

Model PSDT firmy Vestil může na první pohled zaujmou převážně svou konstrukcí podvozku. Svými rozměry noh nabízí obkročné objetí celé europalety na šířku. Zdvih je uskutečněn tentokrát ruční pumpou nikoliv nožní, jak tomu bylo v předchozích případech. Hlava pístu přímo zvedá čelisti, které se díky působením pístu a vahou barelu sami uzavřou – samosvorný mechanismu. Barel lze spustit pomocí otočného upouštěcího ventilu, který je ve výšce na dosah ruky obsluhy. Při spuštění, odlehčení čelisti nedojde k jejímu úplnému otevření. K tomu slouží páka, ovládající horní část čelisti. Za zmínku ještě stojí, že síla potřebná k uvedení vozíku do pohybu je na rozdíl od předešlých manipulátorů přenášena rukojetí od pumpy. Toto provedení neumožňuje 100 % ovladatelnost. Podvozek stojí na 4 polyuretanových kolech – přední pevná a zadní otočná, obě vybavena brzdou. Absenci krytů na kolech je bohužel shledáván jako malý nedostatek.

Tab. 6 Technické parametry PSDT [13]

Model		PSDT
V x Š x D	mm	1120 x 1080/1180 x 810
Hmotnost	kg	52
Nosnost	kg	250
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	330
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 8 Model PSDT firmy Vestil [13]

1.6 YING-LIFT

Jako čínský profesionální výrobce manipulace s materiálem a zdvihací zařízení je Ying-Lift vůdce v průmyslu v oblasti výzkumu, výroby a prodeje typů logistických a průmyslových zařízení. Hlavní produkty jsou zaměřeny na manipulátory se sudy, stohovače, příslušenství, vysokozdvizné vozíky, plošinové vozíky a paletové vozíky. Ve velmi pestré nabídce manipulačních vozíků na sudy si každý určitě přijde na své. [14]

Z nabídky Ying-Lift je jako další příklad obdobného konceptu vybrán model s uchopovacím systémem čelisti, který poskytuje snadné a rychlé uchopení sudu. Tento systém umožňuje uchycení pro 200 a 60 litrový sud. Zdvih je realizován řetězem přes ozubené kolo na hlavě hydraulického pístu pomocí nožní pumpy a spouštění pomocí otočného výpustného ventilu v horní části těla válce. Čelisti se dají polohovat v pojezdovém rámu pomocí čepu. Nájezdový úhel podvozku ve tvaru písmene V je vhodný pro najíždění na záchytnou vanu a europaletu. Díky svým rozměrům podvozku dokáže položit sud skoro kdekoli na paletě. Vozík se pohybuje po 4 polyuretanových kolečkách (2 pevná kolečka přední a 2 otočná řídicí kolečka zadní – jedno vybaveno brzdou). Jako menší nedostatek je absence ochranných krytů na kolečkách a ozubeném kole na hlavě pístu.

Tab. 7 Technické parametry DTF450B [15]

Model		DTF450B
V x Š x D	mm	1360/1550 x 1150 x 1020
Hmotnost	kg	105
Nosnost	kg	450
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	720
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 9 Model DTF450B od firmy Ying-Lift [15]

1.7 MORSE

Americká společnost Morse vyrábí ergonomické a manipulační zařízení pro práci s barely a sudy. Nabídka se pohybuje od zdvižných vozíků až po vozíky s řízeným vyléváním sudů. Kromě manipulátorů jsou v nabídce i stojany, pumpy, ohřivače, a klíče na sudy nebo vypouštěcí kužele, zkrátka zařízení pro sklady. Vítané jsou i individuální požadavky. [16]

Model 82H firmy Morse je sudový manipulátor se zdvižným mechanismem čelisti, který umožňuje samosvorné uchycení sudu. Zdvih je v tomto případě uskutečněn přes hydraulický píst pomocí ruční pumpy bez použití řetězu, tedy hlava pístu zvedá přímo pojezdový rám s čelistí. Spouštění pomocí otočného výpustného ventilu pod pákou na nádržce. Páka pumpy a výpustný ventil se nachází v takové poloze, při které je potřeba se trochu shýbat. Varianta konstrukce je zde uskutečněna s jedním zdvižným sloupcem a podvozkem s nájezdovým úhlem ve tvaru písmene v, který jak už byl zmíněn, je vhodný pro najíždění na záchytnou vanu a europaletu. Přední dvě kolečka jsou pevná a zadní dvě řídicí otočná – všechny plastová a bez brzdy a krytů.

Tab. 8 Technické parametry 82H [17]

Model		82H
V x Š x D	mm	1206/1803 x 1230 x 1105
Hmotnost	kg	206
Nosnost	kg	454
Zdvih (dolní okraj bubnu)	mm	550
Kola	-	polyuretan
Pohon	-	manuální



Obr. 10 Model 82H firmy Morse [17]

1.8 WESCO

Počínaje návrhem a výrobou ocelových ručních vozíků a následným rozšířením o vybavení pro manipulaci se sudy si americká firma Wesco vybuodovala slušnou pověst spolehlivých, dobře vyráběných výrobků. Wesco má široký sortiment produktů pro manipulaci s průmyslovým materiálem. Například ruční a elektrické vozíky, sudové, paletové a plošinové zdvižné vozíky, nákladní a prodejní vozíky a stohovače. Společnost Wesco rovněž navrhuje a vyrábí zakázkové objednávky, což řeší specifické potřeby zákazníků. [18]

Následující modely od firmy Wesco se od předešlých odlišují použitím. K jejich využití je za potřeby vysokozdvižný vozík, které mu se daný model nasune na vidlice. Pomocí šroubů se na vidlicích upevní proti posunu. Uchopovací systém je pomocí čelisti, které se dokonce dají polohovat (tři polohy) ve zdvižném rámu pomocí čepu. Druhý model obr. 10 se liší pouze tím, že má dva zdvižné rámy a dvě čelisti, tedy je možné ním uchopit dva sudy najednou. Zařazením těchto konceptů do nabídky je kvůli rozšíření obzoru o další způsoby, které si lze při manipulaci se sudy zvolit.

Tab. 9 Technické parametry EGG-1 a EGG-2 [19], [20]

Model		EGG-1	EGG-2
V x Š x D	mm	870 x 710 x 870	870 x 850 x 870
Hmotnost	kg	57	94
Nosnost (na čelisti)	kg	454	454
Zdvih	mm	dle vysokozdvižného vozíku	



Obr. 11 Model EGG-1 od firmy Wesco [19]

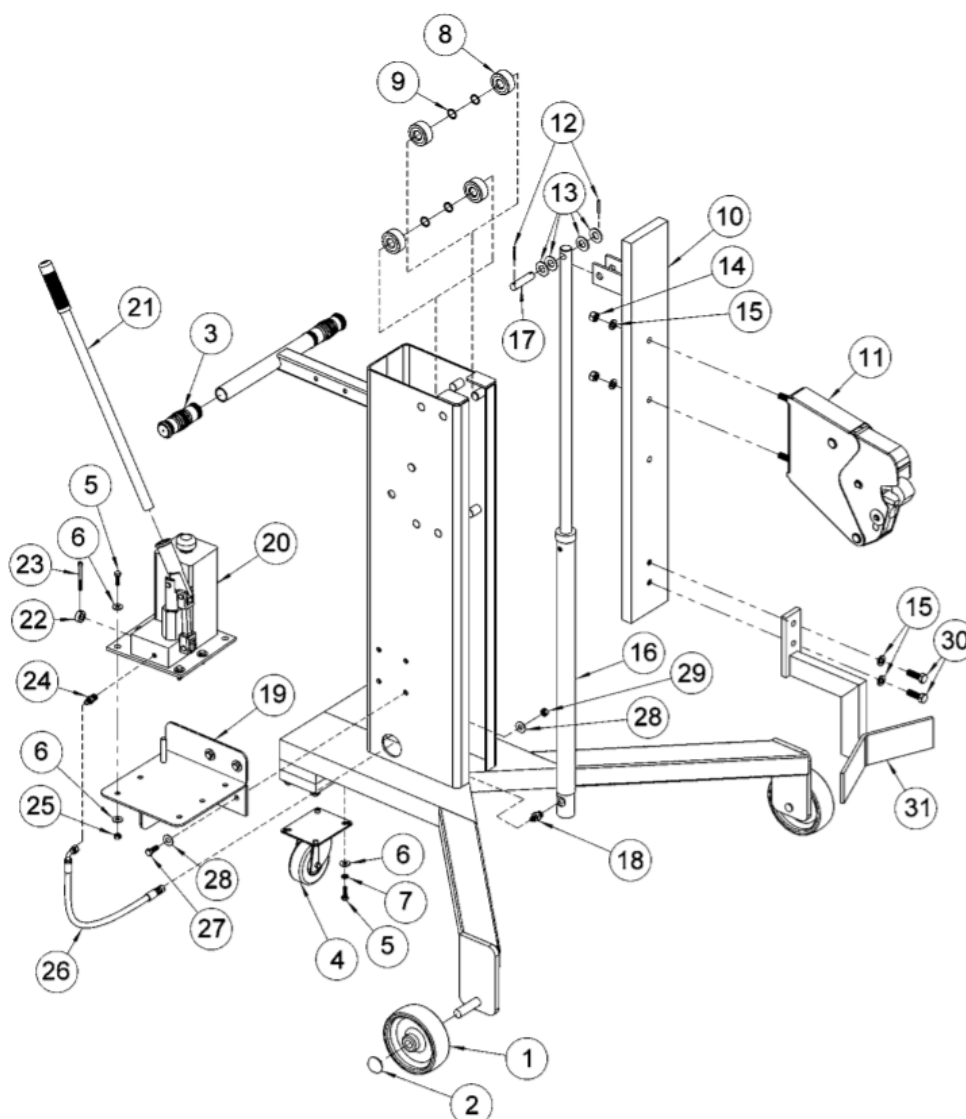


Obr. 12 Model EGG-2 od firmy Wesco [20]

1.9 ZHODNOCENÍ

Dle kritické rešerše výše uvedených zařízení lze usoudit, že vhodnou volbou pro splnění výchozích parametrů, vyhovuje zařízení od firmy Morse na str. 18. Toto konstrukční řešení může být vhodné jako výchozí bod.

Hlavním kritériem výběru byla převážně praktičnost a největší využitelnost pro sklad, případně pracoviště středně velké firmy.



Obr. 13 Montážní schéma modelu 82H firmy Morse [21]

2 NÁVRH KONCEPTU

Dle zadaných technických parametrů: nosnost 300 kg, zdvih 400 mm, ruční pohon, manipulace s barelem o průměru 595 mm a výšce barelu 820 mm; byl vytvořen koncept manipulačního zařízení pro plechové barely. Návrh byl vytvořen v programu Autodesk Inventor 2018. Výchozím bodem při návrhu byl uvedený koncept výše. Kromě výše uvedeného, se vychází i z ostatních konceptů z rešerše, hlavně z jejich nedostatků, které se daly zlepšit.

Návrh sestává ze třech hlavních částí, respektive z rámu, vnitřního pojezdu a přímočarého hydromotoru. Konstrukce je převážně svařovaná a skládá se z jeklových profilů ve tvarů čtverce, obdélníku a tvaru U obdélníkového.



Obr. 14 Návrh konceptu vytvořený v program Autodesk Inventor 2018

3 VÝPOČTY A NÁVRHY

Všechno souvisí se vším, tedy nemohlo se začít s návrhem a výpočty pouze jedné části bez ohledu na uspořádání celého manipulátoru. Rozměry jednotlivých součástí a uspořádání jednotlivých dílů vůči sobě, byly voleny tak, aby nevznikala příliš velká napětí a nebezpečná místa. Většina výpočtů se zabývá kontrolou pevnosti svaru.

Určujícím prvkem konstrukce se stal způsob uchycení barelu, ze kterého se odvíjelo uspořádání jednotlivých dílů celé konstrukce. Úchop byl zvolen pomocí čelistí. Hlava pístu přímo zvedá čelisti, které se díky působením pístu a vahou barelu sami uzavřou. Jako další byl navržen přímočarý hydromotor. V návaznosti na zdvih pístu byla navržena konstrukce vnitřního pojezdu a potom rámu manipulátoru. Pojezdová kola byla navržena dle váhy manipulátoru s barelem.

3.1 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

Určujícím parametr pro volbu je zdvih a rozměry hydromotoru. Minimální zdvih musí být větší než zadaných 400 mm. Výška od dna barelu po dolní čelist musí být menší než výška barelu (820 mm), aby nedošlo k omezení použitelnosti.

Podle těchto určujících parametrů je navržen přímočarý hydromotor na zakázku od americké firmy Star Hydraulics & Pneumatics. Parametry nabízených přímočarých hydromotorů se vylučovaly s našimi podmínkami, jelikož nejbližší vyšší zdvih by omezoval použitelnost manipulátoru. Ovládání a vzhled hydromotoru byly natolik dobré, že bylo využito služby výroby na zakázku nikoliv výběr u konkurence.

Tab. 10 Technické parametry HF500 [22]

Model		HF500
Zdvih	mm	430
Nosnost	kg	1000
Hmotnost	kg	7,7
Pohon zdvihu	-	nožní pedál 1.
Pohon zasouvání	-	nožní pedál 2.



Obr. 15 Přímocharý hydromotor HF500 [22]

3.2 STABILITA

Při výpočtu se uvažoval případ, kdy přední kola manipulátoru najedou na nerovnost a manipulátor se nakloní do vratké polohy (labilní) polohy. Cílem této kapitoly je určit maximální tlačnou sílu.

CELKOVÁ TÍHOVÁ SÍLA

$$F_{gc} = m_c \cdot g \quad [N] \quad (1)$$

$$F_{gc} = (m_B + m_K) \cdot g$$

$$F_{gc} = (300 + 35,3) \cdot 9,81$$

$$F_{gc} = 3288,2 \text{ N}$$

Rovnice (1), kde:

$m_c = 335,3 \text{ kg}$	celková hmotnost [kg]
$m_B = 300 \text{ kg}$	hmotnosti plného barelu [kg]
$m_K = 35,3 \text{ kg}$	hmotnost konstrukce manipulátoru [kg]
$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$	gravitační zrychlení [m.s^{-2}]

POLOHA TĚŽIŠTĚ V OSE X

$$x_T = \frac{a \cdot m_B + b \cdot m_K}{m_B + m_K} \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

$$x_T = \frac{34,3 \cdot 300 + 360 \cdot 35,3}{300 + 35,3}$$

$$x_T = 68,6 \text{ mm}$$

Rovnice (2), kde:

$a = 34,3 \text{ mm}$	vzdálenost v ose x od nositelky tíhové síly barelu k ose rotace předního kola [mm]
$b = 360 \text{ mm}$	vzdálenost v ose x od nositelky tíhové síly konstrukce manipulátoru k ose rotace předního kola [mm]
$m_B = 300 \text{ kg}$	hmotnost plného barelu [kg]
$m_K = 35,3 \text{ kg}$	hmotnost konstrukce manipulátoru [kg]

POLOHA TĚŽIŠTĚ V OSE Y

$$y_T = 720 \text{ mm} \quad \text{tato hodnota byla zjištěna pomocí programu Autodesk Inventor 2018}$$

POTŘEBNÁ PRÁCE PRO VYCHÝLENÍ DO VRATKÉ POLOHY V OSE Y

$$W = F_{gc} \cdot (r_y - y_T) \quad [J] \quad (3)$$

$$W = F_{gc} \cdot \left[\left(\sqrt{x_T^2 + y_T^2} \right) - y_T \right]$$

$$W = 3288,2 \cdot \left[\left(\sqrt{0,0686^2 + 0,720^2} \right) - 0,720 \right]$$

$$W = 10,72 \text{ J}$$

Rovnice (3), kde:

$$F_{gc} = 3288,2 \text{ N} \quad \text{celková tíhová síla [N]}$$

$$r_y = 0,723 \text{ m} \quad \text{viz obr. 16 [mm]}$$

$$x_T = 0,0686 \text{ m} \quad \text{poloha těžiště v ose x [mm]}$$

$$y_T = 0,720 \text{ m} \quad \text{poloha těžiště v ose y [mm]}$$

ÚHEL NAKLONĚNÍ DO VRATKÉ POLOHY

$$\alpha = \operatorname{atan} \left(\frac{x_T}{y_T} \right) = 5,442^\circ \quad [^\circ] \quad (4)$$

Rovnice (4), kde:

$$x_T = 720 \text{ mm} \quad \text{poloha těžiště v ose x [mm]}$$

$$y_T = 68,6 \text{ mm} \quad \text{poloha těžiště v ose y [mm]}$$

POTŘEBNÁ SÍLA PRO VYCHÝLENÍ DO VRATKÉ POLOHY V OSE X

$$x_2 = d - x_1 \quad [\text{mm}] \quad (5)$$

$$x_2 = d - \left[\tan(\alpha) \cdot e \right] = 394,9 \text{ mm}$$

Rovnice (5), kde:

$$d = 477 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost v ose x mezi osou rotace předního a zadního kola [mm]}$$

$$x_1 = 82,1 \text{ mm} \quad \text{viz obr. 16 [mm]}$$

$$\alpha = 5,442^\circ \quad \text{úhel naklonění do vratké polohy [^\circ]}$$

$$e = 861,8 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost v ose y od osy rotace kol k nositelce tlačné síly [mm]}$$

$$x_4 = d - x_3 \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

$$x_4 = d - [\cos(\alpha) \cdot x_2] = 83,8 \text{ mm}$$

Rovnice (6), kde:

$d = 477 \text{ mm}$ vzdálenost v ose x mezi osou rotace předního a zadního kola [mm]

$x_3 = 393,1 \text{ mm}$ viz obr. 16 [mm]

$x_2 = 394,9 \text{ mm}$ viz obr. 16 [mm]

$\alpha = 5,442^\circ$ úhel naklonění do vratké polohy $[\circ]$

$$F = \frac{W}{x_4} \quad [\text{N}] \quad (7)$$

$$F = \frac{10,72}{0,0838}$$

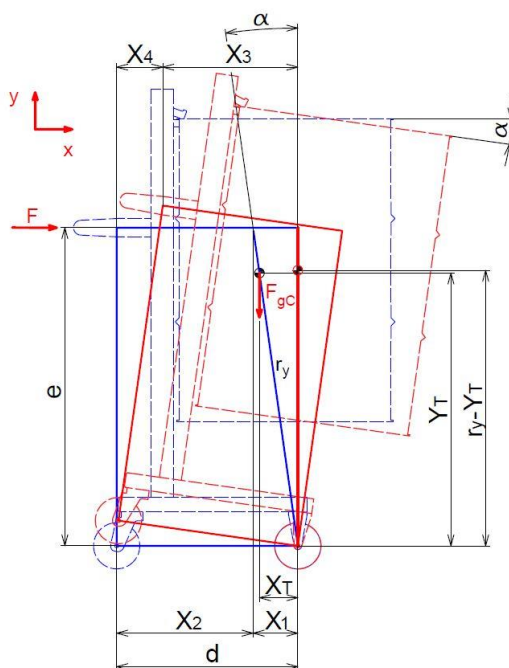
$$F = 127,78 \text{ N}$$

Rovnice (7), kde:

$W = 10,72 \text{ J}$ potřebná síla pro vychýlení manipulátoru do vratké polohy [J]

$x_4 = 0,0838 \text{ m}$ viz obr. 16 [mm]

Maximální tlačná síla $F < 128 \text{ N}$.

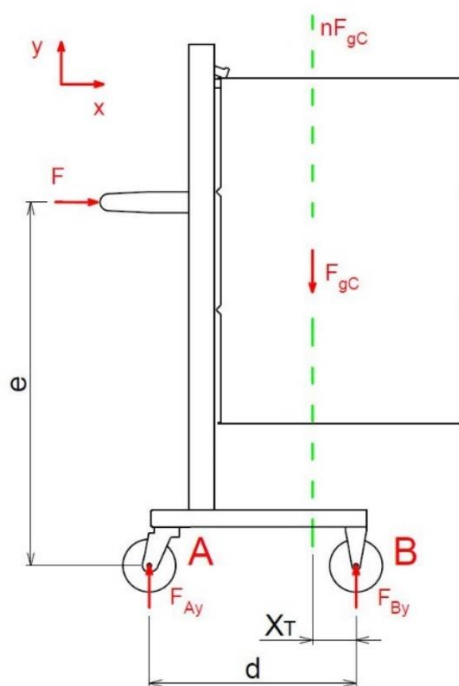


Obr. 16 Stabilita

3.3 POJEZDOVÁ KOLA

$$y: F_{Ay_kol} + F_{By_kol} - F_{gc} = 0$$

$$M_B: F_{gc} \cdot x_T - F_{Ay_kol} \cdot d - F \cdot e = 0$$



Obr. 17 Pojezdová kola

SÍLA PŮSOBÍCÍ NA ZADNÍ KOLA

$$F_{Ay_kol} = \frac{F_{gc} \cdot x_T - F \cdot e}{d} \quad [\text{N}] \quad (8)$$

$$F_{Ay_kol} = \frac{3288,2 \cdot 0,0686 - 128 \cdot 0,8618}{0,477}$$

$$F_{Ay_kol} = 241,9 \text{ N}$$

Rovnice (8), kde:

$F_{gc} = 3288,2 \text{ N}$ celková tíhová síla [N]

$F = 128 \text{ N}$ maximální tlačná síla [N]

$x_T = 0,0686 \text{ m}$ poloha těžiště v ose x [mm]

$e = 861,8 \text{ mm}$ vzdálenost v ose y od osy rotace kol k nositelce tlačné síly [mm]

$d = 477 \text{ mm}$ vzdálenost v ose x mezi osou rotace předního a zadního kola [mm]

SÍLA PŮSOBÍCÍ NA PŘEDNÍ KOLA

$$F_{By_kol} = F_{gc} - F_{Ay_kol} \quad [N] \quad (9)$$

$$F_{By_kol} = 3288,2 - 241,9$$

$$F_{By_kol} = 3046,2 \text{ N}$$

Rovnice (9), kde:

$$F_{gc} = 3288,2 \text{ N} \quad \text{celková tíhová síla [N]}$$

$$F_{Ay_kol} = 241,9 \text{ N} \quad \text{síla působící na zadní kola [N]}$$

ZATÍŽENÍ JEDNOHO ZADNÍHO KOLA

$$m_{Ay_kol} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{Ay_kol}}{g} \quad [kg] \quad (10)$$

$$m_{Ay_kol} = \frac{1}{2} \cdot \frac{241,9}{9,81}$$

$$m_{Ay_kol} = 12,3 \text{ kg}$$

Rovnice (10), kde:

$$F_{Ay_kol} = 241,9 \text{ N} \quad \text{síla působící na zadní kola [N]}$$

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} \quad \text{gravitační zrychlení [m.s}^{-2}\text{]}$$

ZATÍŽENÍ JEDNOHO PŘEDNÍHO KOLA

$$m_{By_kol} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{By_kol}}{g} \quad [kg] \quad (11)$$

$$m_{By_kol} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3046,2}{9,81}$$

$$m_{By_kol} = 155,3 \text{ kg}$$

Rovnice (11), kde:

$$F_{By_kol} = 3046,2 \text{ N} \quad \text{síla působící na přední kola [N]}$$

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} \quad \text{gravitační zrychlení [m.s}^{-2}\text{]}$$

Na základě těchto výpočtů jsou vybrány pojezdová kola s příslušnými parametry od firmy ZABI. Jedno ze zadních kol je s brzdou a druhé bez brzdy. Přední kola jsou samostatná. Stavební výška neboli zástavbová výška je zvolena 150 mm z důvodu, aby podvozek mohl jet nad paletou, která má výšku 144 mm. Důvodem volby stejné nosnosti zadních kol jako předních je kvůli nevhodné obsluze manipulátoru. Může dojít k zavěšení nebo svezení se obsluhy na manipulátoru.

Tab. 11 Technické parametry pojezdových kol [23], [24], [25]

Model		A22GW	A25GWH	A20G
Nosnost	kg	200		
Hmotnost	kg	1,3	1,6	0,6
Materiál běhounu	-	pryž		
Stavební výška	mm	150	150	-
Rozteč otvorů	mm	60 x 80	60 x 80	-
Brzda	-	-	ano	-
Šířka běhounu	mm	38		
Průměr díry	mm	-	-	15
Průměr kola	mm	125		



Obr. 18 Otočné pojezdové kolo A22GW [23]



Obr. 19 Otočné pojezdové kolo A25GWH [24]



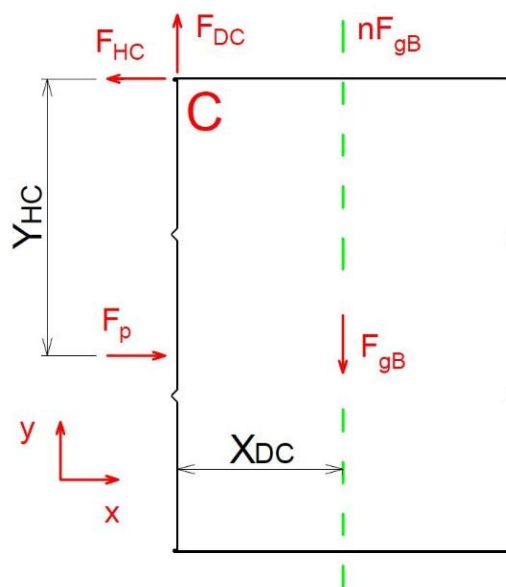
Obr. 20 Samostatné pojezdové kolo A20G [25]

3.4 ZATÍŽENÍ ČELISTÍ

$$x: F_p - F_{HC} = 0$$

$$y: F_{DC} - F_{gB} = 0$$

$$M_C: F_p \cdot l_{HC} - F_{gB} \cdot l_{DC} = 0$$



Obr. 21 Zatížení čelistí

ZATÍŽENÍ DOLNÍ ČELISTI

$$F_{DC} = F_{gB} \quad [N] \quad (12)$$

$$F_{DC} = m_B \cdot g$$

$$F_{DC} = 300 \cdot 9,81$$

$$F_{DC} = 2942 \text{ N}$$

Rovnice (12), kde:

$$F_{gB} = 2942 \text{ N} \quad \text{tíhová síla sudu [N]}$$

$$m_B = 300 \text{ kg} \quad \text{hmotnosti plného barelu [kg]}$$

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} \quad \text{gravitační zrychlení [m.s}^{-2}\text{]}$$

ZATÍŽENÍ HORNÍ ČELISTI

$$F_{\text{HC}} = F_{\text{p}} \quad [\text{N}] \quad (13)$$

$$F_{\text{HC}} = \frac{F_{\text{gB}} \cdot x_{\text{DC}}}{y_{\text{HC}}}$$

$$F_{\text{HC}} = \frac{2942 \cdot 286,7}{505}$$

$$F_{\text{HC}} = 1670 \text{ N}$$

Rovnice (13), kde:

$F_{\text{p}} = 1670 \text{ N}$ zatížení podpěry sudu [N]

$F_{\text{gB}} = 2942 \text{ N}$ tíhová síla sudu [N]

$x_{\text{DC}} = 286,7 \text{ mm}$ vzdálenost v ose x nositelek tíhové síly sudu a síly F_{DC} [mm]

$y_{\text{HC}} = 505 \text{ mm}$ vzdálenost v ose y nositelek síly F_{p} a síly F_{HC} [mm]

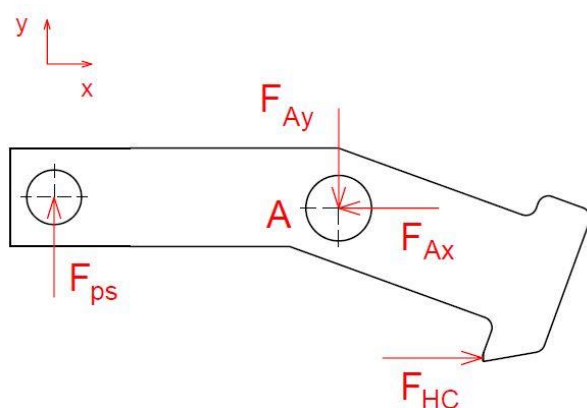
3.5 VNITŘNÍ POJEZD

Vzdálenost nositelek sil F_{Ay} a F_{gp} je minimální. Pro jednoduchost je tento rozměr zanedbaný a síly jsou na jedné nositelce.

1)

$$x: F_{HC} - F_{Ax} = 0$$

$$y: F_{ps} - F_{Ay} = 0$$



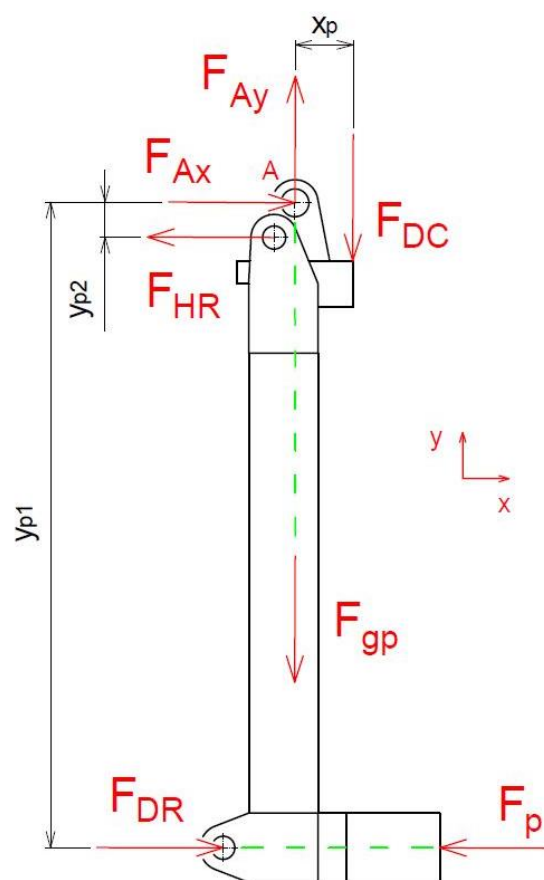
Obr. 22 Horní čelist

2)

$$x: F_{DR} - F_p - F_{HR} + F_{Ax} = 0$$

$$y: F_{Ay} - F_{DC} - F_{gp} = 0$$

$$M_C: F_{DR} \cdot y_{p1} - F_p \cdot y_{p1} - F_{DC} \cdot x_p - F_{HR} \cdot y_{p2} = 0$$



Obr. 23 Vnitřní pojezd

TÍHOVÁ SÍLA VNITŘNÍHO POJEZDU

$$F_{gp} = m_p \cdot g = 39,9 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (14)$$

Rovnice (14), kde:

$$m_p = 4,07 \text{ kg}$$

hmotnost konstrukce vnitřního pojezdu [kg]

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

gravitační zrychlení [m.s⁻²]

TLAČNÁ SÍLA PÍSTU

$$F_{ps} = F_{Ay} \quad [N] \quad (15)$$

$$F_{ps} = F_{DC} + F_{gp}$$

$$F_{ps} = 2942 + 39,9$$

$$F_{ps} = 2981,9 \text{ N}$$

Rovnice (15), kde:

$$F_{DC} = 2942 \text{ N} \quad \text{zatížení dolní čelisti [N]}$$

$$F_{gp} = 39,9 \text{ N} \quad \text{tíhová síla vnitřního pojezdu [N]}$$

ZATÍŽENÍ OKA HORNÍ ROLNY

$$F_{HR} = \frac{-F_{HC} \cdot y_{p1} - F_{DC} \cdot x_p}{y_{p2} - y_{p1}} \quad [N] \quad (16)$$

$$F_{HR} = \frac{-1670 \cdot 0,53 - 2942 \cdot 0,025}{0,015 - 0,53}$$

$$F_{HR} = 1861,7 \text{ N}$$

Rovnice (16), kde:

$$F_{HC} = 1670 \text{ N} \quad \text{zatížení horní čelisti [N]}$$

$$F_{DC} = 2942 \text{ N} \quad \text{zatížení dolní čelisti [N]}$$

$$x_p = 0,025 \text{ m} \quad \text{vzdálenost v ose x nosítek sil } F_{DC} \text{ a } F_{Ay} \text{ [N]}$$

$$y_{p1} = 0,53 \text{ m} \quad \text{vzdálenost v ose y nosítek sil } F_{DR} \text{ a } F_{Ax} \text{ [N]}$$

$$y_{p2} = 0,015 \text{ m} \quad \text{vzdálenost v ose y nosítek sil } F_{HR} \text{ a } F_{Ax} \text{ [N]}$$

ZATÍŽENÍ OKA DOLNÍ ROLNY

$$F_{DR} = F_{HR} - F_{HC} + F_p \quad [N] \quad (17)$$

$$F_{DR} = 1861,7 - 1670 + 1670$$

$$F_{DR} = 1861,7 \text{ N}$$

Rovnice (17), kde:

$$F_{HR} = 1861,7 \text{ N} \quad \text{zatížení oka dolní rolly [N]}$$

$$F_{HC} = 1670 \text{ N} \quad \text{zatížení horní čelisti [N]}$$

$$F_p = 1670 \text{ N} \quad \text{zatížení podpěry sudu [N]}$$

3.6 ČEPOVÉ SPOJE

Čepy jsou použity na dvou místech. V prvním případě pro spojení horní čelisti s okem dolní čelisti, viz obr. 23. V druhém případě pro spojení horní čelisti a oka u pístu, viz obr. 23.

3.6.1 U OKA ČELISTI

Dle [26], str. 113, je volen čep bez hlavy ČSN EN 22340 - A - 12 x 40 - St. (ČSN 11 110). Čep je axiálně zajištěn dvěma pojistnými kroužky ČSN 02 2930 - 12 x 1, dle [26], str. 124. Následně je provedena kontrola čepu a spojovaných součástí.

CELKOVÉ ZATÍŽENÍ ČEPU U OKA ČELISTI

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = 3417,8 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (18)$$

Rovnice (18), kde:

$F_{Ax} = 1670 \text{ N}$ zatížení čepu v ose x, viz obr. 23 a 24 [N]

$F_{Ay} = 2981,9 \text{ N}$ zatížení čepu v ose y, viz obr. 23 a 24 [N]

TLAK V TÁHLE

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolený tlak pro S355J0 (ČSN 11 523) $p_D = 30 \text{ MPa}$.

$$p_{c1} = \frac{F_A}{b_c \cdot d_c} \quad [\text{MPa}] \quad (19)$$

$$p_{c1} = \frac{3417,8}{20 \cdot 12}$$

$$p_{c1} = 14,24 \text{ MPa} < p_D$$

TLAK VE VIDLICI

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolený tlak pro S355J0 (ČSN 11 523) $p_D = 30 \text{ MPa}$.

$$p_{c2} = \frac{F_A}{2 \cdot d_c \cdot a_c} \quad [\text{MPa}] \quad (20)$$

$$p_{c2} = \frac{3417,8}{2 \cdot 12 \cdot 6}$$

$$p_{c2} = 23,74 \text{ MPa} < p_D$$

Rovnice (19, 20), dle [27], str. 71, kde:

$F_A = 3417,8 \text{ N}$ celkové zatížení čepu u oka čelisti [N]

$b_c = 20 \text{ mm}$ šířka táhla, respektive horní čelisti [mm]

$d_c = 12 \text{ mm}$ průměr čepu [mm]

$a_c = 6 \text{ mm}$ šířka vidlice, respektive oka čelisti [mm]

OHYB ČEPU

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolené ohybové napětí pro hladký čep z automatové oceli St (ČSN 11 110) $\sigma_{D0} = 110 \text{ MPa}$.

$$\sigma_{co} = \frac{4 \cdot F_A \cdot (b_c + 2 \cdot a_c)}{\pi \cdot d_c^3} \quad [\text{MPa}] \quad (21)$$

$$\sigma_{co} = \frac{4 \cdot 3417,8 \cdot (20 + 2 \cdot 6)}{\pi \cdot 12^3}$$

$$\sigma_{co} = 80,59 \text{ MPa} < \sigma_{D0}$$

Rovnice (21), dle [27], str. 71, kde:

$F_A = 3417,8 \text{ N}$	celkové zatížení čepu u oka čelisti [N]
$b_c = 20 \text{ mm}$	šířka táhla, respektive horní čelisti [mm]
$d_c = 12 \text{ mm}$	průměr čepu [mm]
$a_c = 6 \text{ mm}$	šířka vidlice, respektive oka čelisti [mm]

SMYK ČEPU

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolené smykové napětí pro hladký čep z automatové oceli St (ČSN 11 110) $\tau_{Ds} = 70 \text{ MPa}$.

$$\tau_c = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_c^2} \quad [\text{MPa}] \quad (22)$$

$$\tau_c = \frac{2 \cdot 3417,8}{\pi \cdot 12^2}$$

$$\tau_c = 15,1 \text{ MPa} < \tau_{Ds}$$

Rovnice (22), dle [27], str. 71, kde:

$F_A = 3417,8 \text{ N}$	celkové zatížení čepu u oka čelisti [N]
$d_c = 12 \text{ mm}$	průměr čepu [mm]

3.6.2 U OKA PÍSTU

Dle [26], str. 113, je volen čep bez hlavy ČSN EN 22340 - A - 10 x 28 - St. (ČSN 11 110). Čep je axiálně zajištěn dvěma pojistnými kroužky ČSN 02 2930 - 10 x 1, dle [26], str. 124. Následně je provedena kontrola čepu a spojovaných součástí.

TLAK V TÁHLE

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolený tlak pro S355J0 (ČSN 11 523) $p_D = 30$ MPa.

$$p_{p1} = \frac{F_{ps}}{b_p \cdot d_p} \quad [\text{MPa}] \quad (23)$$

$$p_{p1} = \frac{2981,9}{11 \cdot 10}$$

$$p_{p1} = 27,12 \text{ MPa} < p_D$$

Rovnice (23), dle [27], str. 71, kde:

$F_{ps} = 2981,9 \text{ N}$	celkové zatížení čepu u oka pístu [N]
$b_p = 11 \text{ mm}$	šířka táhla, respektive oka pístu [mm]
$d_p = 10 \text{ mm}$	průměr čepu [mm]

TLAK VE VIDLICI

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolený tlak pro S355J0 (ČSN 11 523) $p_D = 30$ MPa.

$$p_{p2} = \frac{F_{ps}}{2 \cdot d_p \cdot a_p} \quad [\text{MPa}] \quad (24)$$

$$p_{p2} = \frac{2981,9}{2 \cdot 10 \cdot 5,5}$$

$$p_{p2} = 27,12 \text{ MPa} < p_D$$

Rovnice (24), dle [27], str. 71, kde:

$F_{ps} = 2981,9 \text{ N}$	celkové zatížení čepu u oka pístu [N]
$d_p = 10 \text{ mm}$	průměr čepu [mm]
$a_p = 5,5 \text{ mm}$	šířka vidlice na konci horní čelisti [mm]

OHYB ČEPU

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolené ohybové napětí pro hladký čep z automatové oceli St (ČSN 11 110) $\sigma_{Do} = 110 \text{ MPa}$.

$$\sigma_{po} = \frac{4 \cdot F_{ps} \cdot (b_p + 2 \cdot a_p)}{\pi \cdot d_p^3} \quad [\text{MPa}] \quad (25)$$

$$\sigma_{po} = \frac{4 \cdot 2981,9 \cdot (11 + 2 \cdot 5,5)}{\pi \cdot 10^3}$$

$$\sigma_{po} = 83,53 \text{ MPa} < \sigma_{Do}$$

Rovnice (25), dle [27], str. 71, kde:

$F_{ps} = 2981,9 \text{ N}$	celkové zatížení čepu u oka pístu [N]
$b_p = 11 \text{ mm}$	šířka táhla, respektive oka pístu [mm]
$d_p = 10 \text{ mm}$	průměr čepu [mm]
$a_p = 5,5 \text{ mm}$	šířka vidlice na konci horní čelisti [mm]

SMYK ČEPU

Dle [27], str. 72, tab. 23., je dovolené smykové napětí pro statické zatížení pro hladký čep z automatové oceli St (ČSN 11 110) $\tau_{Ds} = 70 \text{ MPa}$.

$$\tau_p = \frac{2 \cdot F_{ps}}{\pi \cdot d_p^2} \quad [\text{MPa}] \quad (26)$$

$$\tau_p = \frac{2 \cdot 2981,9}{\pi \cdot 10^2}$$

$$\tau_p = 19 \text{ MPa} < \tau_{Ds}$$

Rovnice (26), dle [27], str. 71, kde:

$F_{ps} = 2981,9 \text{ N}$	celkové zatížení čepu u oka pístu [N]
$d_p = 10 \text{ mm}$	průměr čepu [mm]

3.7 SVARY

Kontrola pevnosti koutových svarů je provedena dle normy ČSN 05 0120. Při výpočtech se vychází z dovoleného napětí základního materiálu, kde součinitel bezpečnosti k se volí v rozmezí 1,25 až 2, obvykle 1,5. [28]

Materiál svařovaných součástí je S355J0 (ČSN 11 523). Metoda svařování je 111 (ruční obloukové svařování obalenou elektrodou). Dle [26], str. 179, je volena elektroda E35 A RR 11. Kontrola pevnosti svarů je provedena na nejvíce namáhaných místech.

DOVOLENÉ NAPĚTÍ ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad [\text{MPa}] \quad (27)$$

$$\sigma_D = \frac{355}{1,5}$$

$$\sigma_D = 236,7 \text{ MPa}$$

Rovnice (27), dle [28], str. 518 (a), kde:

$R_e = 355 \text{ MPa}$ mez kluzu materiálu S355J0 (ČSN 11 523) [MPa]

$k = 1,5$ součinitel bezpečnosti volíme 1,5 [-]

DOVOLENÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ ČELNÍHO KOUTOVÉHO SVARU

Dle [28], str. 519, tab. 9-5., je převodní součinitel svarového spoje $\alpha_{\tau\perp} = 0,75$.

$$\tau_{D,sv\perp} = \alpha_{\tau\perp} \cdot \sigma_D \quad [\text{MPa}] \quad (28)$$

$$\tau_{D,sv\perp} = 0,75 \cdot 236,7$$

$$\tau_{D,sv\perp} = 177,5 \text{ MPa}$$

DOVOLENÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ BOČNÍHO KOUTOVÉHO SVARU

Dle [28], str. 519, tab. 9-5., je převodní součinitel svarového spoje $\alpha_{\tau\parallel} = 0,65$.

$$\tau_{D,sv\parallel} = \alpha_{\tau\parallel} \cdot \sigma_D \quad [\text{MPa}] \quad (29)$$

$$\tau_{D,sv\parallel} = 0,65 \cdot 236,7$$

$$\tau_{D,sv\parallel} = 153,83 \text{ MPa}$$

Rovnice (28, 29), dle [28], str. 519 (a), kde:

$\sigma_D = 236,7 \text{ MPa}$ dovolené napětí základního materiálu [MPa]

$\alpha_{\tau\perp} = 0,75$ převodní součinitel svarového spoje koutového čelního [-]

$\alpha_{\tau\parallel} = 0,65$ převodní součinitel svarového spoje koutového bočního [-]

3.7.1 OKO DOLNÍ ČELISTI

Svar je namáhaný silou F_{Ax} a F_{Ay} , viz obr. 24. Svar je kontrolovaný na ohyb a tah.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{oko} = 1,414 \cdot z_{oko} \cdot h_{oko} = 127,3 \text{ mm}^2 \quad [\text{mm}^2] \quad (30)$$

JEDNOTKOVÝ OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{zu_oko} = \frac{h_{oko}^3}{6} = 4500 \text{ mm}^3 \quad [\text{mm}^3] \quad (31)$$

OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{z_oko} = 0,707 \cdot z_{oko} \cdot J_{zu_oko} = 9544,5 \text{ mm}^4 \quad [\text{mm}^4] \quad (32)$$

Rovnice (30, 31, 32), dle [28], str. 515, kde:

$h_{oko} = 30 \text{ mm}$ délka svaru [mm]

$z_{oko} = 3 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$J_{zu_oko} = 4500 \text{ mm}^3$ jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu [mm^3]

RADIÁLNÍ VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ

$$c_{oko} = \sqrt{\left(\frac{h_{oko}}{2}\right)^2 + \left(\frac{b_{oko}}{2}\right)^2} = 15,3 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (33)$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{oko} = \frac{F_{Ax}}{2} \cdot r_{oko} = 20,88 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (33)$$

Rovnice (33, 34), kde:

$F_{Ax} = 1670 \text{ N}$ zatížení oka v ose x, viz obr. 23 a 24 [N]

$r_{oko} = 0,025 \text{ m}$ rameno síly F_{Ax} [m]

$h_{oko} = 30 \text{ mm}$ délka svaru [mm]

$b_{oko} = 6 \text{ mm}$ vzdálenost mezi svary [mm]

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S POSOUVAJÍCÍ SILOU V OSE X OKA

$$\tau'_{oko} = \frac{F_{Ax}}{2} \cdot \frac{1}{S_{oko}} \quad [\text{MPa}] \quad (35)$$

$$\tau'_{oko} = \frac{1670}{2} \cdot \frac{1}{127,26}$$

$$\tau'_{oko} = 6,56 \text{ MPa}$$

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S OHYBOVÝM MOMENTEM OKA

$$\tau''_{oko} = \frac{M_{oko} \cdot c_{oko}}{J_{z_{oko}}} \quad [\text{MPa}] \quad (36)$$

$$\tau''_{oko} = \frac{20,88 \cdot 0,0153}{(9545) \cdot 10^{-12}}$$

$$\tau''_{oko} = 33,5 \text{ MPa}$$

Rovnice (35, 36), dle [28], str. 514, kde:

$F_{Ax} = 1670 \text{ N}$ zatížení oka v ose x, viz obr. 23 a 24 [N]

$S_{oko} = 127,3 \text{ mm}^2$ plocha účinného průřezu [mm^2]

$M_{oko} = 20,88 \text{ Nm}$ ohybový moment [Nm]

$c_{oko} = 0,0153 \text{ m}$ radiální vzdálenost těžiště [m]

$J_{z_{oko}} = 9545 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$ osový kvadratický moment účinného průřezu [m^4]

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ OKA SOUVISEJÍCÍ S OHYBEM

$$\tau_{oko1} = \sqrt{\tau'^2_{oko} + \tau''^2_{oko}} \quad [\text{MPa}] \quad (37)$$

$$\tau_{oko1} = 34,1 \text{ MPa} < \tau_{D,sv||}$$

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ OKA SOUVISEJÍCÍ S TAHEM

$$\tau_{oko2} = \frac{F_{Ay}}{2} \cdot \frac{1}{S_{oko}} \quad [\text{MPa}] \quad (38)$$

$$\tau_{oko2} = \frac{2981,9}{2} \cdot \frac{1}{127,26}$$

$$\tau_{oko2} = 11,72 \text{ MPa} < \tau_{D,sv\perp}$$

Rovnice (37, 38), dle [28], str. 514, kde:

$\tau'_{oko} = 6,56 \text{ MPa}$ smykové napětí související s posouvající silou v ose x oka [MPa]

$\tau''_{oko} = 33,5 \text{ MPa}$ smykové napětí související s ohybovým momentem oka [MPa]

$F_{Ay} = 2981,9 \text{ N}$ zatížení oka v ose y, viz obr. 23 a 24 [N]

$S_{oko} = 127,3 \text{ mm}^2$ plocha účinného průřezu [mm^2]

3.7.2 DOLNÍ ČELISTI

Svar je namáhaný silou F_{DC} , viz obr. 25. Svar je kontrolovaný na ohyb.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{DC} = 0,707 \cdot z_{DC} \cdot (b_{DC} + 2 \cdot h_{DC}) = 403 \text{ mm}^2 \quad [\text{mm}^2] \quad (39)$$

TĚŽIŠTĚ SVARU V OSE Y

$$y_{DC} = \frac{h_{DC}^2}{b_{DC} + 2 \cdot h_{DC}} = 6,4 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (40)$$

JEDNOTKOVÝ OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{zu_DC} = \left(\frac{2 \cdot h_{DC}^3}{3} - 2 \cdot h_{DC}^2 \cdot y_{DC} + (b_{DC} + 2 \cdot h_{DC}) \cdot y_{DC}^2 \right) = 8460,24 \text{ mm}^3 \quad [\text{mm}^3] \quad (41)$$

OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{z_DC} = 0,707 \cdot z_{DC} \cdot J_{zu_DC} = 29906,9 \text{ mm}^4 \quad [\text{mm}^4] \quad (42)$$

Rovnice (39, 40, 41, 42), dle [28], str. 515, kde:

$z_{DC} = 5 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{DC} = 60 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{DC} = 27 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$y_{DC} = 6,4 \text{ mm}$ těžiště svaru v ose y [mm]

$J_{zu_DC} = 8460,24 \text{ mm}^3$ jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu [mm³]

RADIÁLNÍ VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ

$$c_{DC} = \sqrt{\left(\frac{b_{DC}}{2}\right)^2 + \left(\frac{y_{DC}}{2}\right)^2} = 30,2 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (43)$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{DC} = F_{DC} \cdot (l_{DC} - y_{DC}) = 113,58 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (44)$$

Rovnice (43, 44), kde:

$F_{DC} = 2942 \text{ N}$ zatížení čelisti v ose y, viz obr. 23 a 24 [N]

$b_{DC} = 60 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{DC} = 27 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$y_{DC} = 6,4 \text{ mm}$ těžiště svaru v ose y [mm]

$l_{DC} = 45 \text{ mm}$ délka čelisti [mm]

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S POSOUVAJÍCÍ SILOU ČELISTI

$$\tau'_{DC} = \frac{F_{DC}}{S_{DC}} \quad [\text{MPa}] \quad (45)$$

$$\tau'_{DC} = \frac{2942}{403}$$

$$\tau'_{DC} = 7,3 \text{ MPa}$$

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S OHYBOVÝM MOMENTEM ČELISTI

$$\tau''_{DC} = \frac{M_{DC} \cdot c_{DC}}{J_{z_DC}} \quad [\text{MPa}] \quad (46)$$

$$\tau''_{DC} = \frac{113,58 \cdot 0,0302}{(29906,9) \cdot 10^{-12}}$$

$$\tau''_{DC} = 114,6 \text{ MPa}$$

Rovnice (45, 46), dle [28], str. 514, kde:

$F_{DC} = 2942 \text{ N}$	zatížení čelisti v ose y, viz obr. 23 a 24 [N]
$S_{DC} = 403 \text{ mm}^2$	plocha účinného průřezu [mm^2]
$M_{DC} = 113,58 \text{ Nm}$	ohybový moment [Nm]
$c_{DC} = 0,0302 \text{ m}$	radiální vzdálenost těžiště [m]
$J_{z_DC} = 29906,9 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$	osový kvadratický moment účinného průřezu [m^4]

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S OHYBEM ČELISTI

$$\tau_{DC} = \sqrt{\tau'^2_{DC} + \tau''^2_{DC}} \quad [\text{MPa}] \quad (47)$$

$$\tau_{DC} = \sqrt{7,3^2 + 114,6^2}$$

$$\tau_{DC} = 114,81 \text{ MPa} < \tau_{D,sv\perp}$$

Rovnice (47), dle [28], str. 514, kde:

$\tau'_{DC} = 6,56 \text{ MPa}$	smykové napětí související s posouvající silou čelisti [MPa]
$\tau''_{DC} = 33,5 \text{ MPa}$	smykové napětí související s ohybovým mom. čelisti [MPa]
$F_{DC} = 2942 \text{ N}$	zatížení čelisti v ose y, viz obr. 23 a 24 [N]
$S_{DC} = 403 \text{ mm}^2$	plocha účinného průřezu [mm^2]

3.7.3 OKA HORNÍ ROLNY

Svar je namáhaný silou F_{HR} , viz obr. 25. Svar je kontrolovaný na krut.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{hr} = 1,414 \cdot z_{hr} \cdot h_{hr} = 127260 \text{ mm}^2 \quad [\text{mm}^2] \quad (48)$$

JEDNOTKOVÝ POLÁRNÍ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{pu_{hr}} = \frac{h_{hr} \cdot (3 \cdot b_{hr}^2 + h_{hr}^2)}{6} = 18000 \text{ mm}^3 \quad [\text{mm}^3] \quad (49)$$

POLÁRNÍ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{p_{hr}} = 0,707 \cdot z_{hr} \cdot J_{pu_{hr}} = 38178 \text{ mm}^4 \quad [\text{mm}^4] \quad (50)$$

Rovnice (48, 49, 50), dle [28], str. 511, kde:

$z_{hr} = 3 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{hr} = 30 \text{ mm}$ vzdálenost mezi svary [mm]

$h_{hr} = 30 \text{ mm}$ délka svaru [mm]

$J_{pu_{hr}} = 18000 \text{ mm}^3$ jednotkový polární kvadratický moment účinného průřezu [mm³]

RADIÁLNÍ VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ

$$c_{hr} = \sqrt{\left(\frac{h_{br}}{2}\right)^2 + \left(\frac{b_{br}}{2}\right)^2} = 21,2 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (51)$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{hr} = \frac{F_{HR}}{2} \cdot r_{hr} = 32,58 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (52)$$

Rovnice (51, 52), kde:

$b_{hr} = 30 \text{ mm}$ vzdálenost mezi svary [mm]

$h_{hr} = 30 \text{ mm}$ délka svaru [mm]

$F_{HR} = 1861,7 \text{ N}$ zatížení oka horní rolny, viz obr. 24 [N]

$r_{hr} = 35 \text{ mm}$ rameno síly F_{HR} [mm]

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S POSOUVAJÍCÍ SILOU OKA HORNÍ ROLNY

$$\tau'_{hr} = \frac{F_{HR}}{2} \cdot \frac{1}{S_{hr}} \quad [\text{MPa}] \quad (53)$$

$$\tau'_{hr} = \frac{1861,7}{2} \cdot \frac{1}{127260}$$

$$\tau'_{hr} = 0,007 \text{ MPa}$$

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S KROUTÍCÍM MOMENTEM OKA HORNÍ ROLNY

$$\tau''_{hr} = \frac{M_{hr} \cdot c_{hr}}{J_{p_{hr}}} \quad [\text{MPa}] \quad (54)$$

$$\tau''_{hr} = \frac{32,58 \cdot 0,0212}{(38178) \cdot 10^{-12}}$$

$$\tau''_{hr} = 18,1 \text{ MPa}$$

Rovnice (53, 54), dle [28], str. 509, kde:

$F_{HR} = 1861,7 \text{ N}$ zatížení oka horní rolly, viz obr. 24 [N]

$S_{hr} = 127260 \text{ mm}^2$ plocha účinného průřezu [mm^2]

$M_{hr} = 32,58 \text{ Nm}$ kroutící moment [Nm]

$c_{hr} = 0,0212 \text{ m}$ radiální vzdálenost těžiště [m]

$J_{p_{hr}} = 38178 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$ polární kvadratický moment účinného průřezu [m^4]

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S KRUTEM OKA HORNÍ ROLNY

$$\tau_{hr} = \sqrt{\tau'^2_{hr} + \tau''^2_{hr}} \quad [\text{MPa}] \quad (55)$$

$$\tau_{hr} = \sqrt{0,007^2 + 18,1^2}$$

$$\tau_{hr} = 18,1 \text{ MPa} < \tau_{D,sv||}$$

Rovnice (55), dle [28], str. 509, kde:

$\tau'_{hr} = 0,007 \text{ MPa}$ smykové napětí související s posouvající silou oka horní rolly [MPa]

$\tau''_{hr} = 18,1 \text{ MPa}$ smykové napětí související s ohybovým mom. oka horní rolly [MPa]

$F_{HR} = 1861,7 \text{ N}$ zatížení oka horní rolly, viz obr. 24 [N]

$S_{hr} = 127260 \text{ mm}^2$ plocha účinného průřezu [mm^2]

3.7.4 OKA DOLNÍ ROLNY

Svar je namáhaný silou F_{DR} , viz obr. 25. Svar je kontrolovaný na tlak.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{dr} = 2 \cdot (0,707 \cdot z_{dr} \cdot h_{dr}) \quad [\text{mm}^2] \quad (56)$$

$$S_{dr} = 2 \cdot (0,707 \cdot 3 \cdot 20)$$

$$S_{dr} = 84,84 \text{ mm}^2$$

Rovnice (56), dle [28], str. 511, kde:

$$z_{dr} = 3 \text{ mm} \quad \text{šířka svaru [mm]}$$

$$h_{dr} = 20 \text{ mm} \quad \text{délka svaru [mm]}$$

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ OKA SOUVISEJÍCÍ S TLAKEM

$$\tau_{dr} = \frac{F_{DR}}{2} \cdot \frac{1}{S_{dr}} \quad [\text{MPa}] \quad (57)$$

$$\tau_{dr} = \frac{1861,7}{2} \cdot \frac{1}{84,84}$$

$$\tau_{dr} = 10,97 \text{ MPa} < \tau_{D,sv||}$$

Rovnice (57), dle [28], str. 509, kde:

$$F_{DR} = 1861,7 \text{ N} \quad \text{zatížení oka dolní rolny, viz obr. 24 [N]}$$

$$S_{dr} = 127260 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha účinného průřezu [mm}^2\text{]}$$

3.7.5 STOJNA

Svar je namáhaný silami F_{HR} a F_{DR} , viz obr. 26. Svar je kontrolovaný na ohyb. Zde nevzniká smykové napětí související s posouvající silou, protože posouvající síla je rovna 0, jelikož se síly F_{HR} a F_{DR} navzájem vyruší.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{st} = 0,707 \cdot z_{st} \cdot (2 \cdot b_{st} + h_{st}) = 294,11 \text{ mm}^2 \quad [\text{mm}^2] \quad (58)$$

TĚŽIŠTĚ SVARU V OSE X

$$x_{st} = \frac{b_{st}^2}{2 \cdot b_{st} + h_{st}} = 6,5 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (59)$$

JEDNOTKOVÝ OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{zu_st} = \frac{h_{st}^3}{12} \cdot (6 \cdot b_{st} + h_{st}) = 46869,34 \text{ mm}^3 \quad [\text{mm}^3] \quad (60)$$

OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{z_st} = 0,707 \cdot z_{st} \cdot J_{zu_st} = 132546,5 \text{ mm}^4 \quad [\text{mm}^4] \quad (61)$$

Rovnice (58, 59, 56, 61), dle [28], str. 515, kde:

$z_{st} = 4 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{st} = 26 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{st} = 52 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$J_{zu_st} = 46869,3 \text{ mm}^3$ jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu [mm³]

RADIÁLNÍ VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ

$$c_{st} = \sqrt{\left(\frac{h_{st}}{2}\right)^2 + (b_{st} - x_{st})^2} = 32,5 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (62)$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{st} = \frac{F_{HR}}{2} \cdot r_{st1} - \frac{F_{DR}}{2} \cdot r_{st2} = 479,39 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (63)$$

Rovnice (62, 63), kde:

$b_{st} = 26 \text{ mm}$	délka svaru 1. [mm]
$h_{st} = 52 \text{ mm}$	délka svaru 2. [mm]
$x_{st} = 6,5 \text{ mm}$	těžiště v ose x [mm]
$F_{HR} = 1861,7 \text{ N}$	zatížení stojny v místě horní rolny, viz obr. 24 [N]
$F_{DR} = 1861,7 \text{ N}$	zatížení stojny v místě dolní rolny, viz obr. 24 [N]
$r_{st1} = 1,027 \text{ m}$	rameno síly F_{HR} [m]
$r_{st2} = 0,512 \text{ m}$	rameno síly F_{DR} [m]

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S OHYBEM STOJNY

$$\tau''_{st} = \frac{M_{st} \cdot c_{st}}{J_{z_{st}}} \quad [\text{MPa}] \quad (64)$$

$$\tau''_{DC} = \frac{479,39 \cdot 0,0325}{(132546,5) \cdot 10^{-12}}$$

$$\tau''_{DC} = 117,5 \text{ MPa} < \tau_{D,sv\perp}$$

Rovnice (64), dle [28], str. 514, kde:

$M_{st} = 479,39 \text{ Nm}$	ohybový moment [Nm]
$c_{st} = 0,0325 \text{ m}$	radiální vzdálenost těžiště [m]
$J_{p_{st}} = 132546,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$	osový kvadratický moment účinného průřezu [m ⁴]

3.7.6 NOHY OHYB

Svar je namáhaný silou F_{By_kol} , viz obr. 18. Svar je kontrolovaný na ohyb a krut. V této podkapitole na ohyb.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{noh} = 0,707 \cdot z_{noh} \cdot (b_{noh} + h_{noh}) = 742,35 \text{ mm}^2 \quad [mm^2] \quad (65)$$

JEDNOTKOVÝ OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{zu_noh} = \frac{h_{noh}^3}{6} \cdot (3 \cdot b_{noh} + h_{noh}) = 50020,8 \text{ mm}^3 \quad [mm^3] \quad (66)$$

OSOVÝ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{z_noh} = 0,707 \cdot z_{noh} \cdot J_{zu_noh} = 176823,6 \text{ mm}^4 \quad [mm^4] \quad (67)$$

Rovnice (65, 66, 67), dle [28], str. 515, kde:

$z_{noh} = 5 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{noh} = 70 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{noh} = 35 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$J_{zu_noh} = 50020,8 \text{ mm}^3$ jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu [mm³]

RADIÁLNÍ VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ

$$c_{noh} = \sqrt{\left(\frac{b_{noh}}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_{noh}}{2}\right)^2} = 39,1 \text{ mm} \quad [mm] \quad (68)$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{noh} = \frac{F_{By_kol}}{2} \cdot r_{noh1} = 578,8 \text{ Nm} \quad [Nm] \quad (69)$$

Rovnice (68, 69), kde:

$z_{noh} = 5 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{noh} = 70 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{noh} = 35 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$F_{By_kol} = 3046,2 \text{ N}$ zatížení nohy, viz obr. 18 [N]

$r_{noh1} = 380 \text{ m}$ rameno síly F_{By_kol} [m]

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S POSOUVAJÍCÍ SILOU NOHY

$$\tau'_{\text{noh}} = \frac{F_{\text{By_kol}}}{2} \cdot \frac{1}{S_{\text{noh}}} \quad [\text{MPa}] \quad (70)$$

$$\tau'_{\text{noh}} = \frac{3046,2}{2} \cdot \frac{1}{742,35}$$

$$\tau'_{\text{noh}} = 2,052 \text{ MPa}$$

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S OHYBOVÝM MOMENTEM NOHY

$$\tau''_{\text{noh}} = \frac{M_{\text{noh}} \cdot c_{\text{noh}}}{J_{z_{\text{noh}}}} \quad [\text{MPa}] \quad (71)$$

$$\tau''_{\text{noh}} = \frac{578,8 \cdot 0,0391}{(176823,6) \cdot 10^{-12}}$$

$$\tau''_{\text{noh}} = 128,1 \text{ MPa}$$

Rovnice (70, 71), dle [28], str. 514, kde:

$F_{\text{By_kol}} = 3046,2 \text{ N}$	zatížení nohy, viz obr. 18 [N]
$S_{\text{noh}} = 742,35 \text{ mm}^2$	plocha účinného průřezu [mm^2]
$M_{\text{noh}} = 578,88 \text{ Nm}$	ohybový moment [Nm]
$c_{\text{noh}} = 0,0391 \text{ m}$	radiální vzdálenost těžiště [m]
$J_{z_{\text{noh}}} = 176823,6 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$	osový kvadratický moment účinného průřezu [m^4]

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S OHYBEM NOHY

$$\tau_{\text{nohI}} = \sqrt{\tau'^2_{\text{noh}} + \tau''^2_{\text{noh}}} \quad [\text{MPa}] \quad (72)$$

$$\tau_{\text{nohI}} = \sqrt{2,052^2 + 128,1^2}$$

$$\tau_{\text{nohI}} = 128,11 \text{ MPa} < \tau_{\text{D,sv}}$$

3.7.7 NOHY KRUT

Svar je namáhaný silou F_{By_kol} , viz obr. 18. Svar je kontrolovaný na ohyb a krut. V této podkapitole na krut.

PLOCHA ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$S_{noh2} = 0,707 \cdot z_{noh} \cdot (b_{noh} + h_{noh}) = 742,35 \text{ mm}^2 \quad [mm^2] \quad (73)$$

JEDNOTKOVÝ POLÁRNÍ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{pu_noh2} = \frac{(b_{noh} + h_{noh})^3}{6} = 192937,5 \text{ mm}^3 \quad [mm^3] \quad (74)$$

POLÁRNÍ KVADRATICKÝ MOMENT ÚČINNÉHO PRŮŘEZU

$$J_{p_noh2} = 0,707 \cdot z_{noh} \cdot J_{pu_noh2} = 545627,3 \text{ mm}^4 \quad [mm^4] \quad (75)$$

Rovnice (73, 74, 75), dle [28], str. 511, kde:

$z_{noh} = 5 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{noh} = 70 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{noh} = 35 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$J_{pu_noh2} = 192937,5 \text{ mm}^3$ jednotkový polární kvadratický mom. účinného průřezu [mm³]

RADIÁLNÍ VZDÁLENOST TĚŽIŠTĚ

$$c_{noh} = \sqrt{\left(\frac{b_{noh}}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_{noh}}{2}\right)^2} = 39,1 \text{ mm} \quad [mm] \quad (76)$$

OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{noh} = \frac{F_{By_kol}}{2} \cdot r_{noh2} = 578,8 \text{ Nm} \quad [Nm] \quad (77)$$

Rovnice (68, 69), kde:

$z_{noh} = 5 \text{ mm}$ šířka svaru [mm]

$b_{noh} = 70 \text{ mm}$ délka svaru 1. [mm]

$h_{noh} = 35 \text{ mm}$ délka svaru 2. [mm]

$F_{By_kol} = 3046,2 \text{ N}$ zatížení nohy, viz obr. 18 [N]

$r_{noh2} = 364 \text{ m}$ rameno síly F_{By_kol} [m]

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S POSOUVAJÍCÍ SILOU NOHY

$$\tau'_{\text{noh2}} = \frac{F_{\text{By_kol}}}{2} \cdot \frac{1}{S_{\text{noh2}}} \quad [\text{MPa}] \quad (78)$$

$$\tau'_{\text{noh2}} = \frac{3046,2}{2} \cdot \frac{1}{742,35}$$

$$\tau'_{\text{noh}} = 2,052 \text{ MPa}$$

SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S KROUTÍCÍM MOMENTEM NOHY

$$\tau''_{\text{noh2}} = \frac{M_{\text{noh2}} \cdot c_{\text{noh}}}{J_{z_{\text{noh2}}}} \quad [\text{MPa}] \quad (79)$$

$$\tau''_{\text{noh2}} = \frac{554,41 \cdot 0,0391}{(545627,3) \cdot 10^{-12}}$$

$$\tau''_{\text{noh2}} = 39,8 \text{ MPa}$$

Rovnice (78, 79), dle [28], str. 509, kde:

$F_{\text{By_kol}} = 3046,2 \text{ N}$ zatížení nohy, viz obr. 18 [N]

$S_{\text{noh2}} = 742,35 \text{ mm}^2$ plocha účinného průřezu [mm^2]

$M_{\text{noh}} = 554,41 \text{ Nm}$ kroutící moment [Nm]

$c_{\text{noh}} = 0,0391 \text{ m}$ radiální vzdálenost těžiště [m]

$J_{p_{\text{noh}}} = 545627,3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^4$ polární kvadratický moment účinného průřezu [m^4]

VÝSLEDNÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ SOUVISEJÍCÍ S KRUTEM NOHY

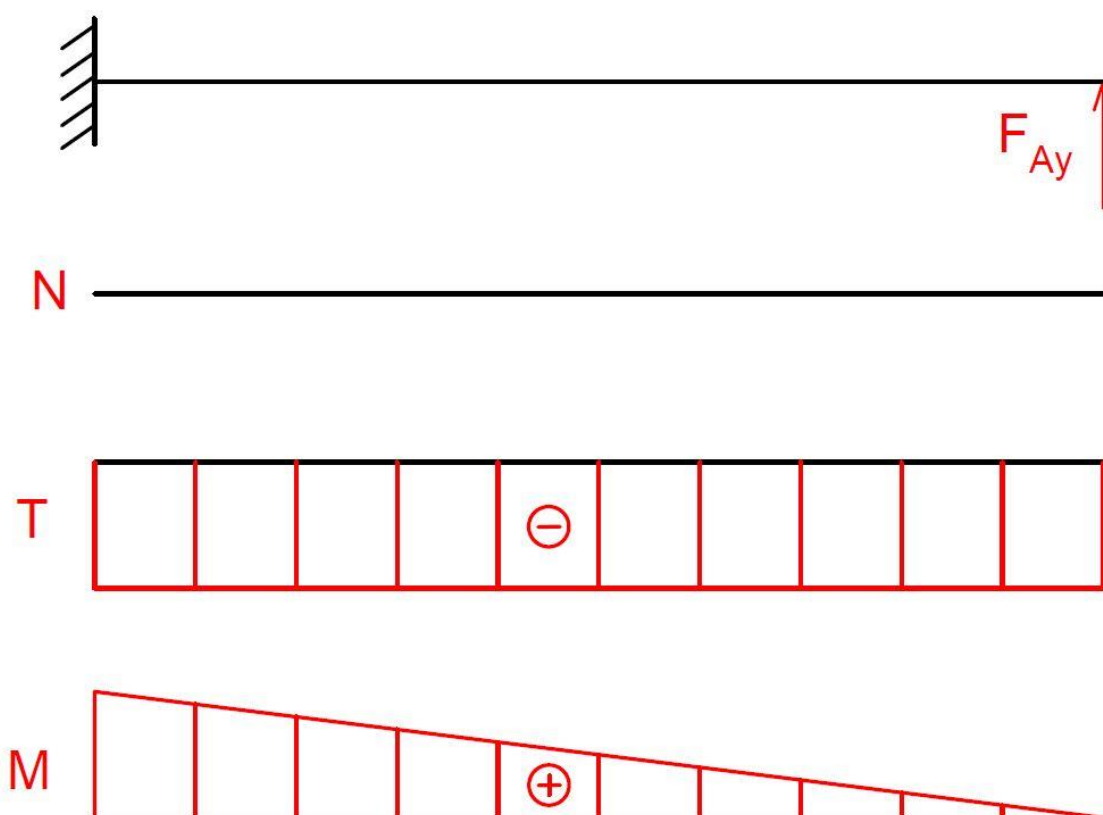
$$\tau_{\text{noh2}} = \sqrt{\tau'^2_{\text{noh2}} + \tau''^2_{\text{noh2}}} \quad [\text{MPa}] \quad (80)$$

$$\tau_{\text{noh2}} = \sqrt{2,052^2 + 39,8^2}$$

$$\tau_{\text{noh2}} = 39,82 \text{ MPa} < \tau_{\text{D,sv||}}$$

3.8 PRŮHYB NOH

Profil nosníku byl zvolen 50x35x5 z materiálu S355J0.



Obr. 24 VVÚ nohy

SÍLA PŮSOBÍCÍ NA KONCI NOHY

$$F_{\text{pr}} = \frac{F_{\text{By_kol}}}{2} = 1523,1 \text{ N} \quad [\text{MPa}] \quad (81)$$

MOMENT PŮSOBÍCÍ NA NOHU

$$M_{\text{pr}} = F_{\text{pr}} \cdot l_{\text{pr}} = 801,48 \text{ Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (82)$$

Rovnice (81, 82), kde:

$F_{\text{By_kol}} = 3046 \text{ N}$ síla působící na přední kola [N]

$F_{\text{pr}} = 1523,1 \text{ N}$ síla působící na konci nohy [N]

$l_{\text{pr}} = 0,526 \text{ m}$ délka nohy [m]

KVADRATICKÝ MOMENT PRŮŘEZU

$$J_{pr} = \frac{b_{pr1} \cdot h_{pr1}^3}{12} - \frac{b_{pr2} \cdot h_{pr2}^3}{12} \quad [\text{mm}^4] \quad (83)$$

$$J_{pr} = \frac{50 \cdot 35^3}{12} - \frac{40 \cdot 25^3}{12}$$

$$J_{pr} = 126562,5 \text{ mm}^4$$

Rovnice (83), dle [28], str. 1662, kde:

$b_{pr1} = 50 \text{ mm}$ šířka jeklu [mm]

$h_{pr1} = 35 \text{ mm}$ výška jeklu [mm]

$b_{pr2} = 40 \text{ mm}$ vnitřní šířka jeklu [mm]

$h_{pr2} = 25 \text{ mm}$ vnitřní výška jeklu [mm]

PRŮHYB NOHY

$$w_{pr} = \frac{F_{pr} \cdot l_{pr}^3}{3 \cdot E \cdot J_{pr}} \quad [\text{mm}] \quad (84)$$

$$w_{pr} = \frac{1523,1 \cdot 0,5262^3}{3 \cdot (207 \cdot 10^9) \cdot (126562,5 \cdot 10^{-12})}$$

$$w_{pr} = 0,002824 \text{ m}$$

$$w_{pr} = 2,824 \text{ mm}$$

Rovnice (84), dle [28], str. 217, kde:

$F_{pr} = 1523,1 \text{ N}$ síla působící na konci nohy [N]

$l_{pr} = 0,526 \text{ m}$ délka nohy [m]

$E = 207 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ Youngův modul pružnosti v tahu [Pa]

$J_{pr} = 126562,5 \text{ mm}^4$ kvadratický moment průřezu [mm⁴]

OHYBOVÉ NAPĚTÍ V NOZE

$$\sigma_{pr} = \frac{M_{pr}}{W_{pr}} \quad [\text{MPa}] \quad (85)$$

$$\sigma_{pr} = \frac{M_{pr} \cdot z_{pr}}{J_{pr}}$$

$$\sigma_{pr} = \frac{801480 \cdot 17,5}{126562,5}$$

$$\sigma_{pr} = 110,82 \text{ MPa}$$

Rovnice (85), dle [28], str. 141, kde:

$M_{pr} = 801480 \text{ Nmm}$ moment působící na nohu [Nmm]

$W_{pr} = 7232 \text{ mm}^3$ modul průřezu v ohybu [mm^3]

$z_{pr} = 17,5 \text{ mm}$ maximální vzdálenost od střednice [mm]

$J_{pr} = 126562,5 \text{ mm}^4$ kvadratický moment průřezu [mm^4]

BEZPEČNOST NOHY

$$k_{pr} = \frac{R_e}{\sigma_{pr}} \quad [-] \quad (86)$$

$$k_{pr} = \frac{355}{110,82}$$

$$k_{pr} = 3,2$$

Rovnice (86), kde:

$R_e = 355 \text{ MPa}$ mez kluzu pro materiál S355J0 [MPa]

$\sigma_{pr} = 110,82 \text{ MPa}$ ohybové napětí v noze [MPa]

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout manipulační zařízení pro plechové sudy s těmito technickými parametry: nosnost 300 kg, zdvih 400 mm, ruční pohon, manipulace s barelem o průměru 595 mm a výšce barelu 820 mm. Tato práce je sepsaná do třech hlavních kapitol: Kritická rešerše obdobných konceptů, návrh konceptu a výpočty.

První kapitola je převážně zaměřena na výrobce manipulačních zařízení. Cílem kapitoly je, aby zde bylo jmenováno, co nejvíce firem zabývajících se touto výrobou a taktéž, aby všechny koncepty měly jiné konstrukční řešení. Zaměření kapitoly více směřuje na výrobce, kteří kromě vysokozdvihových vozíků vyrábí též nízkozdvihové vozíky, což je případ, kterým se zabýváme. Výběr je taktéž směřován na ruční pohon a uchycení sudu pomocí čelistí. Následně se výběr manipulátoru a jejich výrobců jednotně porovnává.

V druhé kapitole se na základě první kapitoly a zadaných parametrů pojednává o navrženém konceptu manipulačního zařízení pro plechové sudy, vymodelovaném v programu Autodesk Inventor 2018. Jak bylo zmíněno, při návrhu se vycházelo z konceptů uvedených v první kapitole, převážně z jejich nedostatků, které byly podnětem pro zlepšení. Navržený koncept sestává ze třech hlavních částí, respektive z rámu, vnitřního pojezdu a přímočarého hydromotoru. Kdežto jako první byl navržen způsob uchycení barelu, jelikož byl určujícím prvkem celé konstrukce. Dále přímočarý hydromotor, kde v návaznosti na zdvih pístu byla navržena konstrukce vnitřního pojezdu a potom rámu manipulátoru. Konstrukce je z velké části svařovaná a skládá se z jeklových profilů příslušných tvarů, rozměrů a tloušťek, dle použití v konstrukci.

Třetí kapitola se zabývá výpočty a kontrolou navržených rozměrů a uspořádání jednotlivých součástí. Jako první byla určena maximální tlačná síla výpočtem stability, kde se uvažoval případ najetí předními koly na nerovnost. Dále byla vybrána náležitá pojezdová kola dle jejich zatížení od hmotnosti manipulátoru s plným sudem i s uvažováním nevhodné obsluhy. Hmotnost sudu byla určující i pro výpočty velikosti zatížení čelistí. Následně byl proveden statický rozbor vnitřního pojezdu, který byl základem pro určení zatížení čepových spojů a některých svarů. Podle zatížení čepů a rozměrů spojovaných součástí byly provedeny kontrolní výpočty. Pak byla provedena kontrola pevnosti koutových svarů dle normy ČSN 05 0120. Při výpočtech se vycházelo z dovoleného napětí základního materiálu. Kontrola pevnosti svarů byla uskutečněna na nejvíce namáhaných místech. V neposlední řadě bylo spočítáno ohybové napětí na konci noh podvozku a porovnáno s dovoleným napětí materiálu.

Výsledkem práce je koncepční návrh manipulačního zařízení na sudy, vycházející z kritické rešerše analogických konceptů na trhu. Závěrem práce jsou rovněž výpočty stability, kontrolní výpočty čepů a jejich spojovaných součástí, pevnostní výpočty svarů a kontroly průhybu noh podvozku. Součástí práce je i výkresová dokumentace. Všechny zadané cíle byly splněny, dokonce bylo dosaženo maximálního zdvihu 430 mm, což je o 30 mm více.

Dále může tento koncepční návrh být proveden i s jiným typem podvozku. Například s rovnoběžným nízkým pro podjetí palety, rovnoběžným širokým pro objetí palety, nebo s nastavitelným podvozkem. Dalším možným zlepšením může být zvolení všechno kol jako otočná (nikoliv dvou otočných a dvou pevných) pro lepší manévrovatelnost. Rovněž je tu možnost přidělení bezpečnostních krytů na kolečka, ale jen pro použití na rovných plochách, pro nerovnosti nebo přejíždění prahů se stávají nepraktické.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Europaleta, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 15. květen 2010 [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Europaleta>
- [2] Kovové sudy, 1999. *Mevatec* [online]. Ústí nad Labem [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.mevatec.cz/Kovovy-sud-200-l-2-zatky-ve-viku-d1355.htm>
- [3] Company, 2016. *Armanni* [online]. Albino [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.armanni.com/en/company/>
- [4] Stackers: Alfa MGF evo, 2016. *Armanni* [online]. Albino [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.armanni.com/en/stackers/alfa-mgf/alfa-mgf-evo/>
- [5] Unternehmen, 1999. *Gesutra* [online]. Bremen [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.gesutra.de/unternehmen/>
- [6] Fasshandling: Fassheber FHR300, 2005. *Hanselifter* [online]. Bremen: Gesutra [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.hanselifter.de/fassheber-fhr300.html>
- [7] O firmě, 2007. *Cone Zlín* [online]. Zlín [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <http://www.conezlin.cz/index.php?informace=1>
- [8] Rudle na sudy, 2007. *Cone Zlín* [online]. Zlín [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: http://www.conezlin.cz/CZ/rudle-kovove/rudle-sudy/?rubrika_zbozi=120
- [9] Denios, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Denios>
- [10] Sudové zdvižky a manipulátory se sudy: Sudová zdvižka XH, 2002. *Denios* [online]. Strakonice [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.denios.cz/shop/sudova-zdvizka-xh-s-velkym-rozsahem-zdvihu-lakovana-nastavitelny-podvozek-pro-200-l-ocelove-sudy/>
- [11] Sudové zdvižky Ex: Sudová zdvižka Secu Ex s podavačem sudů typ M, nastavitelný podvozek, výška 1755 mm, ATEX, 2002. *Denios* [online]. Strakonice [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.denios.cz/shop/sudova-zdvizka-secu-ex-s-podavacem-sudu-typ-m-nastavitelny-podvozek-vyska-1755-mm-atex/>
- [12] About Vestil, 1999. *Vestil* [online]. Angola [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.vestil.com/addguest.htm>
- [13] Pallet Straddling Drum Truck: model PSDT, 1999. *Vestil* [online]. Angola [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: https://www.vestil.com/products/dhequip/hydraulic_drum_trucks.htm
- [14] About us, 2017. *Yinglift* [online]. Wu-si [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <http://www.yinglift.com/html/gsjj1/>
- [15] Hydraulic Drum Truck: DTF450B, 2017. *Yinglift* [online]. Wu-si [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: http://www.yinglift.com/html/cpzs1-5/Prod_488.htm

- [16] About us, ©1998-2018. *Morse drum* [online]. Syracuse [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://morsedrum.com/morse-mfg.htm>
- [17] 82H Drum Transporters, ©1998-2018. *Morse drum* [online]. Syracuse [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://morsedrum.com/products/82H-Drum-Movers.htm#models>
- [18] About us, ©2018. *Wesco* [online]. North Wales [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.wescomfg.com/about-us/>
- [19] Drum EGG-1, ©2018. *Wesco* [online]. North Wales [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://catalog.wescomfg.com/item/drum-handling-equipment/attachment-ergonomic-drum-handlers-fork-drum-grabs/240091-1>
- [20] Drum EGG-2, ©2018. *Wesco* [online]. North Wales [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://catalog.wescomfg.com/item/drum-handling-equipment/attachment-ergonomic-drum-handlers-fork-drum-grabs/240092-1>
- [21] Pd82H: PL82H (0509-1110), ©2018. *Wesco* [online]. North Wales [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://morsedrum.com/ops/pd82H.htm>
- [22] HF500, 2000. In: *Star Hydraulics & Pneumatics: Lift Jacks & Other Hydraulic Items* [online]. Chicago: Star Hydraulics & Pneumatics [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://hydraulic-pumps.starhyd.com/viewitems/lift-jacks/1-ton-t-foot-operated-hydraulic-jacks>
- [23] Pryžové kolo 125 mm otočná vidlice s deskou: S hliníkovým diskem, 2010. In: *Zabi* [online]. Český Těšín: ZABI CZECH [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.zabi.cz/pryzove-kolo-125-mm-otocna-vidlice-s-deskou-a22gw>
- [24] Pryžové kolo 125 mm otočná vidlice s deskou: S hliníkovým diskem, 2010. In: *Zabi* [online]. Český Těšín: ZABI CZECH [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.zabi.cz/pryzove-kolo-125-mm-otocna-vidlice-s-deskou-a25gwh>
- [25] Pryžové kolo 125 mm samostatné: S hliníkovým diskem, 2010. In: *Zabi* [online]. Český Těšín: ZABI CZECH [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.zabi.cz/pryzove-kolo-125-mm-samostatne-a20g>
- [26] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS, 2013. Výběry z norem pro konstrukční cvičení. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-838-0.
- [27] KRÍŽ, Rudolf, 1977. *Stavba a provoz strojů I*. Praha: SNTL, 328 s. ISBN 04-231-77.
- [28] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed., 2010. Konstruování strojních součástí. V Brně: VUTUUM. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	Vzdálenost v ose x od nositelky tíh. síly barelu k ose rot. před. kola
a _c	[mm]	Šířka vidlice, respektive oka čelisti
a _p	[mm]	Šířka vidlice na konci horní čelisti
b	[mm]	Vzdálenost v ose x od nositelky tíh. síly konstrukce k ose rot. před. kola
b _{DC}	[mm]	Délka svaru 1.
b _c	[mm]	Šířka táhla, respektive horní čelisti
b _{hr}	[mm]	Vzdálenost mezi svary
b _{noh}	[mm]	Délka svaru 1.
b _{oko}	[mm]	Vzdálenost mezi svary
b _p	[mm]	Šířka táhla, respektive oka pístu
b _{pr1}	[mm]	Šířka jeklu
b _{pr2}	[mm]	Vnitřní šířka jeklu
b _{st}	[mm]	Délka svaru 1.
c _{DC}	[mm]	Radiální vzdálenost těžiště
c _{hr}	[mm]	Radiální vzdálenost těžiště
c _{noh}	[mm]	Radiální vzdálenost těžiště
c _{oko}	[mm]	Radiální vzdálenost těžiště
c _{st}	[mm]	Radiální vzdálenost těžiště
d	[mm]	Vzdálenost v ose x mezi osou rotace předního a zadního kola
d _c	[mm]	Průměr čepu (u oka čelisti)
d _p	[mm]	Průměr čepu (u oka pístu)
E	[GPa]	Youngův modul pružnosti v tahu
e	[mm]	Vzdálenost v ose y od osy rotace kol k nositelce tlačné síly
F	[N]	Potřebná síla pro vychýlení do vratké polohy v ose x
F _A	[N]	Celkové zatížení čepu u oka čelisti
F _{Ax}	[N]	Zatížení čepu v ose x
F _{Ay}	[N]	Zatížení čepu v ose y
F _{Ay_kol}	[N]	Síla působící na zadní kola
F _{By_kol}	[N]	Síla působící na přední kola
F _{DC}	[N]	Zatížení dolní čelisti

F_{DR}	[N]	Zatížení oka dolní rolny
F_{gB}	[N]	Tíhová síla sudu
F_{gc}	[N]	Celková tíhová síla
F_{gp}	[N]	Tíhová síla vnitřního pojezdu
F_{HC}	[N]	Zatížení horní čelisti
F_{HR}	[N]	Zatížení oka horní rolny
F_p	[N]	Zatížení podpěry sudu
F_{ps}	[N]	Tlačná síla pístu
F_{ps}	[N]	Celkové zatížení čepu u oka pístu
F_{pr}	[N]	Síla působící na konci nohy
g	[m.s ⁻²]	Gravitační zrychlení
h_{DC}	[mm]	Délka svaru 2.
h_{dr}	[mm]	Délka svaru
h_{hr}	[mm]	Délka svaru
h_{st}	[mm]	Délka svaru 2.
h_{noh}	[mm]	Délka svaru 2.
h_{noh}	[mm]	Délka svaru 2.
h_{oko}	[mm]	Délka svaru
h_{pr1}	[mm]	Výška jeklu
h_{pr2}	[mm]	Vnitřní výška jeklu
J_{pr}	[mm ⁴]	Kvadratický moment průřezu
J_{p_hr}	[mm ⁴]	Polární kvadratický moment účinného průřezu
J_{p_noh2}	[mm ⁴]	Polární kvadratický moment účinného průřezu
J_{pu_hr}	[mm ³]	Jednotkový polární kvadratický moment účinného průřezu
J_{pu_noh2}	[mm ³]	Jednotkový polární kvadratický moment účinného průřezu
J_{z_DC}	[mm ⁴]	Osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{z_noh}	[mm ⁴]	Polární kvadratický moment účinného průřezu
J_{z_oko}	[mm ⁴]	Osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{z_st}	[mm ⁴]	Polární kvadratický moment účinného průřezu
J_{zu_DC}	[mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{zu_noh}	[mm ³]	Jednotkový polární kvadratický moment účinného průřezu

J_{zu_oko} [mm ³]	Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{zu_st} [mm ³]	Jednotkový polární kvadratický moment účinného průřezu
k [-]	Součinitel bezpečnosti
k_{pr} [-]	Součinitel bezpečnosti
l_{DC} [mm]	Délka čelisti
l_{hr} [mm]	Délka čelisti
l_{pr} [mm]	Délka nohy
m_{Ay_kol} [kg]	Zatížení jednoho zadního kola
m_B [kg]	Hmotnost plného barelu
m_{By_kol} [kg]	Zatížení jednoho předního kola
m_c [kg]	Celková hmotnost
m_K [kg]	Hmotnost konstrukce manipulátoru
m_p [kg]	Hmotnost konstrukce vnitřního pojezdu
M_{DC} [Nm]	Ohybový moment
M_{hr} [Nm]	Ohybový moment
M_{noh} [Nm]	Ohybový moment
M_{noh2} [Nm]	Ohybový moment
M_{oko} [Nm]	Ohybový moment
M_{pr} [Nm]	Moment působící na nohu
M_{st} [Nm]	Ohybový moment
p_D [MPa]	Dovolený tlak ve vidlici
p_{c1} [MPa]	Tlak v táhle (u oka čelisti)
p_{c2} [MPa]	Tlak ve vidlici (u oka čelisti)
p_{p1} [MPa]	Tlak v táhle (u oka pístu)
p_{p2} [MPa]	Tlak ve vidlici (u oka pístu)
R_e [MPa]	Mez kluzu materiálu S355J0
r_{hr} [mm]	Rameno síly F_{HR}
r_{noh1} [mm]	Rameno síly F_{By_kol}
r_{noh2} [mm]	Rameno síly F_{By_kol}
r_{oko} [mm]	Rameno síly F_{Ax}
r_{st1} [mm]	Rameno síly F_{HR}

r_{st2}	[mm]	Rameno síly F_{DR}
r_y	[mm]	Nejbližší vzdálenost od osy rotace předního kola k těžišti
S_{DC}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
S_{dr}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
S_{hr}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
S_{noh}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
S_{noh2}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
S_{oko}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
S_{st}	[mm ²]	Plocha účinného průřezu
W	[J]	Potřebná práce pro vychýlení do vratké polohy v ose y
W_{pr}	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu
w_{pr}	[mm]	Průhyb nohy
x_{DC}	[mm]	Vzdálenost v ose x nositelek tíhové síly sudu a síly F_{DC}
x_p	[mm]	Vzdálenost v ose x nositelek síly F_{DC} a síly F_{Ay}
x_{st}	[mm]	Těžiště svaru v ose x
x_T	[mm]	Poloha těžiště v ose x
y_{DC}	[mm]	Těžiště svaru v ose y
y_{HC}	[mm]	Vzdálenost v ose x nositelek síly F_p a síly F_{DC}
y_{hr}	[mm]	Těžiště svaru v ose y
y_{p1}	[mm]	Vzdálenost v ose x nositelek síly F_{DR} a síly F_{Ax}
y_{p2}	[mm]	Vzdálenost v ose x nositelek síly F_{HR} a síly F_{Ax}
y_T	[mm]	Poloha těžiště v ose y
z_{DC}	[mm]	Šířka svaru
z_{dr}	[mm]	Šířka svaru
z_{hr}	[mm]	Šířka svaru
z_{noh}	[mm]	Šířka svaru
z_{oko}	[mm]	Šířka svaru
z_{st}	[mm]	Šířka svaru
α	[°]	Úhel naklonění do vratké polohy
$\alpha_{\tau\perp}$	[-]	Převodní součinitel svarového spoje koutového čelního
$\alpha_{\tau\parallel}$	[-]	Převodní součinitel svarového spoje koutového bočního

σ_{co}	[MPa]	Ohybové napětí čepu (u oka čelisti)
σ_D	[MPa]	Dovolené napětí základního materiálu
σ_{Do}	[MPa]	Dovolené ohybové napětí pro čep bez hlavy
σ_{po}	[MPa]	Ohybové napětí čepu (u oka pístu)
σ_{pr}	[MPa]	Ohybové napětí v noze
τ_c	[MPa]	Smykové napětí čepu (u oka čelisti)
τ_D	[MPa]	Dovolené smykové napětí čep bez hlavy
τ_{DC}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s ohybem čelisti
$\tau_{D,sv\perp}$	[MPa]	Dovolené smykové napětí čelního koutového svaru
$\tau_{D,sv\parallel}$	[MPa]	Dovolené smykové napětí bočního koutového svaru
τ_{dr}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s tlakem
τ_{hr}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s krutem oka horní rolny
τ_{noh}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s ohybem nohy
τ_{noh2}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s krutem nohy
τ_{oko1}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s ohybem
τ_{oko2}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s tahem
τ_p	[MPa]	Smykové napětí čepu (u oka pístu)
τ'_{DC}	[MPa]	Smykové napětí související s posouvající silou čelisti
τ'_{hr}	[MPa]	Smykové napětí související s posouvající silou oka horní rolny
τ'_{noh}	[MPa]	Smykové napětí související s posouvající silou nohy
τ'_{noh2}	[MPa]	Smykové napětí související s posouvající silou nohy
τ'_{oko}	[MPa]	Smykové napětí související s posouvající silou v ose x oka
τ''_{DC}	[MPa]	Smykové napětí související s ohybovým napětím čelisti
τ''_{hr}	[MPa]	Smykové napětí související s krutícím momentem oka horní rolny
τ''_{noh}	[MPa]	Smykové napětí související s ohybovým momentem nohy
τ''_{noh2}	[MPa]	Smykové napětí související s krutícím momentem nohy
τ''_{oko}	[MPa]	Smykové napětí související s ohybovým napětím oka
τ''_{st}	[MPa]	Výsledné smykové napětí související s ohybem stojny

SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Výkres sestavy	MANIPULAČNÍ VOZÍK NA PLECHOVÉ SUDY	1 – DOSTAL – 1.0
Seznam položek	KUSOVNÍK	4 – DOSTAL – 0.1 (2 listy)
Výkres svařence	RÁM	2 – DOSTAL – 1.1
Seznam položek	KUSOVNÍK	4 – DOSTAL – 1.11
Výkres svařence	VNITŘNÍ POJEZD	3 – DOSTAL – 1.2
Seznam položek	KUSOVNÍK	4 – DOSTAL – 1.21